

PENGARUH PELARUT TERHADAP KARAKTERISTIK NANO $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ SEBAGAI PENAMBAH *SELF-CLEANING* CAT AKRILIK

Agus Ridwan *) dan Sri Wahyuni

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Mei 2015
Disetujui Juni 2015
Dipublikasikan Agustus 2015

Kata kunci:
pelarut
 $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$
self-cleaning
cat akrilik

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh jenis pelarut (metanol, 1-propanol, 2-propanol) terhadap karakteristik material nano $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$. Material nano $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ diaplikasikan sebagai aditif dalam cat akrilik untuk memberikan sifat *self-cleaning*. Metode sol-gel digunakan dalam sintesis partikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ dengan variasi jenis pelarut menggunakan perbandingan mol prekursor TEOS:TiIPP yaitu 5:1. Teknik pengujian *self-cleaning* menggunakan metode pengukuran sudut kontak dan waktu alir air pada permukaan padatan yang telah dilapisi cat akrilik termodifikasi $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$. Hasil sintesis $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ dikarakterisasi dengan FT-IR untuk mengetahui struktur ikatan, XRD untuk mengetahui struktur kristal, DR-UV untuk mengetahui celah pita energi (E_g), dan TEM untuk mengetahui morfologi dan ukuran partikel. Hasil XRD dan TEM menunjukkan bahwa sifat padatan adalah *amorf*. Hasil FT-IR menunjukkan ikatan Si-O, O-H dan Ti-O dominan dalam padatan. Hasil DR-UV menunjukkan partikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ dengan pelarut metanol (A_1) memiliki celah pita energi (E_g) terkecil 3,76 eV. Hasil pengujian sudut kontak terkecil dan waktu alir paling lama pada variasi konsentrasi 15%.

Abstract

A research about the influence of solvent type (methanol, 1-propanol, 2-propanol) on the characteristics of the nano $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ material had been done. The nano $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ material is applied as an additive in the acrylic paint to give self-cleaning characteristic. Sol-gel method is used in the $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ particle synthesis with solvent type variance using precursor mol comparison of TEOS:TiIPP is 5:1. Self-cleaning testing technique is using the contact angle measurement method and water flow time on the solid's surface covered with acrylic paint modified by $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$. The result of $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ synthesis is characterized by FTIR to know the bond structure, XRD to know the crystal structure, DR-UV to know the band gap energy (E_g) and TEM to know the morphology and particle size. The result of XRD and TEM shows that the characteristic of solid is amorphous. The result of FTIR shows that the Si-O, O-H and Ti-O bond is dominant in the solid. The result of DR-UV shows that $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ particle with methanol (A_1) solvent has 3.76 eV least band gap energy (E_g). The result of the least contact angle and the longest flow time is at the 15% concentration variance.

Pendahuluan

Nanopartikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ dapat dihasilkan dengan metode sol-gel. Menurut Mirabedini, *et al.* (2011), penggunaan metode sol-gel disebabkan karena lebih mudah dan dapat menghasilkan nanokomposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$. Metode dilakukan dengan merubah variasi rasio molar prekursor tetraethoxysilane (TEOS), nanopartikel TiO_2 serta dapat memodifikasi permukaan nanopartikel TiO_2 . Pelarut berperan penting dalam pembentukan partikel dalam skala nano secara sol-gel. Semakin polar pelarut yang digunakan, maka akan menghasilkan nanopartikel dengan ukuran yang semakin kecil (Beganskiene, *et al.*; 2004). Pelarut berfungsi untuk menghomogenkan prekursor pada waktu reaksi hidrolisis dan mengontrol konsentrasi logam. Menurut Fernandez (2012), semakin besar konsentrasi prekursor dan katalis akan menghasilkan ukuran partikel yang semakin besar disebabkan semakin cepatnya reaksi hidrolisis dan kondensasi yang berlangsung.

Pelarut yang sering digunakan adalah alkohol, karena terdapat gugus hidroksil (-OH) yang bersifat polar dan hidrofil. Sifat polar mempermudah pelarut untuk berinteraksi dengan air yang bersifat hidrofil dengan membentuk ikatan hidrogen dengan air. Tetapi pengaruh kepolaran dari pelarut perlu pengkajian terhadap karakteristik partikel yang dihasilkan dari proses hidrolisis sol-gel.

Carneiro, *et al.* (2012) melaporkan bahwa dari citra SEM penampang nano menyebar bagus pada permukaan fungsionalnya, yaitu nanosilika yang diinkorporasikan ke dalam campuran bahan cat akrilik yang mengandung TiO_2 . Menurut Haryo, *et al.* (2012), proses pengeringan yang cepat dari cat akrilik menyebabkan permukaan dinding rentan terhadap kotoran dan debu yang dibawa oleh udara bebas. Pembersihan cat akrilik menggunakan alat seperti sikat dikhawatirkan akan merusak permukaan bidang cat, sehingga diperlukan metode *non-invasive* untuk proses tersebut. Mirabedini, *et al.* (2011) melaporkan bahwa penambahan nanopartikel TiO_2 pada TEOS dapat menghasilkan nanokomposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ yang memberikan sifat fotokatalitik dan degradasi polimer yang rendah pada pelapisan permukaan akrilik di bawah radiasi sinar ultraviolet. Kemampuan *self-cleaning* TiO_2 yang dipadukan dengan SiO_2 menyebabkan pengotor tidak dapat merusak cat akrilik.

Menurut Carneiro, *et al.* (2012), pengujian *self-cleaning* dilakukan dengan cara mengotori

permukaan yang dilapisi dengan cat menggunakan abu layang organik dan anorganik dan kemudian dilakukan pencucian. Pengujian dilakukan selama 1 bulan dan memberikan kerja *self-cleaning* yang tetap.

Metode Penelitian

Alat yang digunakan *oven* (Memmert), *magnetic stirrer* (IKAMAG), *furnace* (Barnstead Thermolyne 1400), *hotplate* (Ceromag), FT-IR *spectrophotometer* 8201PC Shimadzu, *Transmission Electron Microscope* (JEOL JNMECA 500), *spectrophotometer UV-Vis Diffuse Reflectance* (DR-UV) (Perkin Elmer), *X-Ray Diffraction* (Shimadzu), kamera digital (Canon 600D). Bahan yang digunakan adalah, TiIPP (titanium (IV) isopropoxide) (Sigma-Aldrich), TEOS, metanol, 1-propanol, 2-propanol, NH_4OH dengan *grade pro analyst* buatan Merck, cat akrilik (Maries).

Metode yang digunakan dalam sintesis nanopartikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ adalah metode sol-gel (Beganskiene, *et al.*; 2010). Nanopartikel dibuat dengan menyiapkan pelarut (metanol, 1-propanol dan 2-propanol) 13,04 M dalam *beakerglass*, kemudian TEOS 4,47 M dilarutkan sambil diaduk selama 30 menit dan ditambahkan NH_3 25% secara bertahap sampai pH 10, ditambahkan TiIPP 3,28 M dan dilanjutkan pengadukan selama 30 menit. Setelah 30 menit, 5 mL aquades ditambahkan kedalam *beakerglass* tersebut sambil diaduk kembali selama 2 jam sampai membentuk sol. Sol yang terbentuk dibiarkan untuk proses *aging* selama 24 jam. Setelah 24 jam gel yang terbentuk dioven pada suhu 80°C selama 24 jam, padatan yang terbentuk digerus sampai halus dan kemudian dikalsinasi selama 2 jam pada suhu 600°C sampai terbentuk serbuk halus (Rahman, *et al.*; 2012).

Preparasi untuk pengujian *self-cleaning* dilakukan dengan variasi persen massa nanopartikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ dalam cat akrilik yaitu 0, 5, 10 dan 15% untuk setiap sampel dengan jenis pelarut yang berbeda. Pencampuran dilakukan dengan cara menyiapkan serbuk nanopartikel dalam *beakerglass*, kemudian ditambahkan cat akrilik (warna putih) sampai berat massa menjadi 5 g, selanjutnya ditambahkan 2,5 mL aquades ke dalam *beakerglass* dan diaduk selama 15 menit sampai cat dan nanopartikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ tercampur homogen. Setelah proses pengadukan diambil sebagian kecil untuk dianalisis menggunakan FT-IR dan sisa cat diaplikasikan pada permukaan padatan (plafon) ukuran 10×20 cm untuk pengujian *self-cleaning* lebih lanjut.

Pengujian *self-cleaning* dilakukan dengan

mengukur sudut kontak dan waktu alir air (H_2O) pada permukaan padatan yang telah dilapisi cat akrilik dan dikenai iradiasi UV maupun tidak dikenai UV. Pengukuran sudut kontak dilakukan dengan *static sessile drop method* (Carnairo, *et al.*; 2012), hasil tetesan pada permukaan padatan difoto dengan kamera digital dari arah samping selanjutnya dari gambar dapat diperoleh sudut kontak (θ). Pengukuran waktu alir dilakukan dengan mengalirkan air dari bagian atas sampai bawah padatan tanpa iradiasi dan setelah diiradiasi sinar UV serta mengukur waktu alir air tersebut.

Hasil dan Pembahasan

Nanopartikel TiO_2-SiO_2 dengan berbagai jenis pelarut berhasil disintesis menggunakan metode sol-gel. Perbedaan jenis pelarut berdampak pada proses hidrolisis, metanol dengan satu atom karbon yang terikat pada gugus hidroksil (-OH) memudahkan untuk berikatan hidrogen dengan air sehingga menyebabkan kepolaran dan kelarutan yang tinggi. Pelarut 1-propanol dan 2-propanol memiliki jumlah atom C yang sama, perbedaan terletak dari posisi gugus hidroksil yaitu 1-propanol terikat pada atom C primer dan 2-propanol terikat pada atom C sekunder. Gugus hidroksil yang terikat pada atom C sekunder memiliki kepolaran yang lebih rendah dibandingkan dengan gugus hidroksil yang terikat pada atom C primer, karena pada atom C primer lebih mudah berikatan hidrogen menyebabkan kepolaran serta kelarutannya lebih besar dibandingkan dengan pelarut 2-propanol.

Semakin polar pelarut yang digunakan membuat proses hidrolisis semakin cepat yang dikarenakan semakin mudahnya berikatan hidrogen dengan molekul air sehingga rantai karbon pada prekursor TEOS mudah terikat dan terbentuk gugus silanol (Si-OH). Gugus silanol kemudian berikatan dengan logam Ti setelah ditambahkan TiIPP dengan tujuan untuk membentuk polimer sehingga terbentuk ikatan Si-O-Ti pada proses kondensasi.

Proses kondensasi terjadi setelah proses hidrolisis yaitu proses transisi dari fase sol menjadi gel (Fernandez; 2011). Proses ini membuat dua lapisan, pada lapisan bagian bawah terdapat gel berwarna putih dan bagian atas terdapat larutan alkohol sisa dari proses hidrolisis. Setelah proses kondensasi dilanjutkan proses pematangan (*aging*) dengan tujuan untuk membentuk gel secara sempurna dengan ikatan-ikatan yang ada selama proses polimerisasi (Fernandez; 2011).

Dari hasil penguapan air dan proses kalsinasi diperoleh tiga padatan dengan warna putih pada setiap sampel. Hasil padatan dengan pelarut metanol menghasilkan serbuk yang sedikit kasar dan massa jenis yang besar, hal ini dikarenakan cepatnya proses hidrolisis sehingga ketika penambahan TiIPP menyebabkan proses kondensasi yang lebih cepat akibatnya terbentuk endapan dan diperoleh hasil yang kurang homogen antara TEOS dan TiIPP. Penggunaan pelarut 1-propanol yang cenderung bersifat hidrofob dari 2-propanol menghasilkan padatan yang halus dari semua sampel karena tepatnya proses hidrolisis dengan waktu dan kecepatan pengadukan. Pelarut 2-propanol menghasilkan padatan yang kurang halus dibandingkan 1-propanol karena sifat hidrofob rantai yang menurun mengakibatkan cepatnya proses hidrolisis dan mempercepat proses kondensasi serta pembentukan gel menyebabkan tidak semua rantai prekursor terikat oleh molekul air.

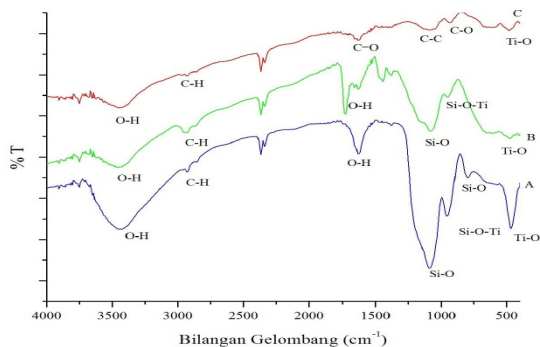
Hasil penentuan gugus menggunakan FT-IR pada nanopartikel TiO_2-SiO_2 (sampel A) terdapat ikatan O-H *stretching* pada bilangan gelombang $3448,72\text{ cm}^{-1}$ dan ikatan O-H *bending* pada $1627,92\text{ cm}^{-1}$. Gugus siloksan (Si-O-Si) terdapat pada bilangan gelombang $1087,87\text{ cm}^{-1}$ dan ikatan Ti-O terdapat pada $462,92\text{ cm}^{-1}$ serta ikatan Si-O-Ti pada bilangan gelombang $956,69\text{ cm}^{-1}$ (Balachandran, *et al.*; 2010).

Cat akrilik (sampel C) menghasilkan *peak-peak* lemah dan satu *peak* kuat pada bilangan gelombang $344,72\text{ cm}^{-1}$ dengan ikatan OH *stretching*, ikatan C-H *stretching* pada $2931,80\text{ cm}^{-1}$, ikatan C=O pada $1627,92\text{ cm}^{-1}$ dan ikatan C-C pada bilangan gelombang $1342,46\text{ cm}^{-1}$ (Fessenden dan Fessenden; 1986).

Hasil pencampuran cat akrilik dan nanopartikel TiO_2-SiO_2 (sampel B) merubah struktur dari cat akrilik secara signifikan dengan munculnya *peak* baru dari *peak* penambahan nanopartikel TiO_2-SiO_2 yaitu ikatan O-H *bending* pada bilangan gelombang $1728,22\text{ cm}^{-1}$, ikatan Si-O *stretching* pada $1080,14\text{ cm}^{-1}$, ikatan Si-O-Ti pada $948,98\text{ cm}^{-1}$. Munculnya ketiga *peak* tersebut membuat struktur cat akrilik berubah karena ikatan-ikatan tersebut tidak terdapat dalam cat akrilik. Perbedaan dari *peak* tiga sampel tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Kandungan silika (SiO_2) yang dominan dalam padatan TiO_2-SiO_2 mengakibatkan kristal TiO_2 tidak terbaca pada *peak* XRD yang dihasilkan, sehingga penentuan ukuran menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* tidak dapat dilakukan.

Tiga puncak utama yang dihasilkan menunjukkan sifat dari ketiga sampel adalah *amorf* (*amorphous*) yang dilihat dari nilai FWHM atau lebar dari setengah puncak utama yaitu sama dengan nol, sehingga ukuran partikel dari sampel tidak dapat diprediksi.



Gambar 1. Peak hasil analisis FT-IR (A) nanopartikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, (B) campuran cat akrilik dan nanopartikel, (C) cat akrilik

Sesuai data JCPDS untuk kristal *anatase* pada 2θ difraktogram yang dihasilkan adalah 25,1725 dengan FWHM 0,60500 pada sampel dengan pelarut 1-propanol (A_2) dan 25,8800 dengan FWHM 0,60000 pada sampel dengan pelarut 2-propanol (A_3) menghasilkan ukuran partikel secara berurutan sebesar 25,64 nm dan 27,15 nm. Sedangkan sampel dengan pelarut metanol (A_1) dengan nilai 2θ 25,6800 tidak dapat diprediksi ukurannya karena nilai FWHM adalah nol (0).

Selisih dari ukuran partikel dengan pelarut 1-propanol dan 2-propanol yang kecil menjelaskan bahwa jumlah rantai karbon yang sama mengakibatkan ukurannya tidak jauh berbeda karena kepolaran dan kelarutannya tidak berbeda jauh, sedangkan untuk sampel pelarut metanol dengan kepolaran dan kelarutan yang tinggi mengakibatkan pengukuran partikel tidak dapat dilakukan karena sifat yang terlalu *amorf* dari nanopartikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ yang dihasilkan.

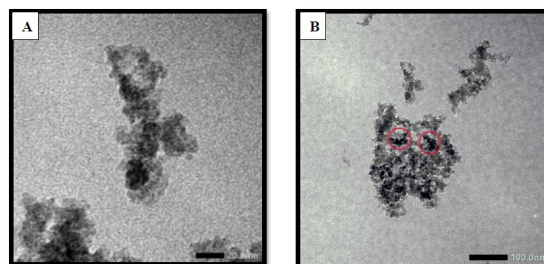
Penghitungan celah pita energi (E_g) dari padatan $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan persamaan *Kubelka-Munk* untuk silika (SiO_2) yang merupakan molekul dengan celah pita energi langsung (*direct*). Hasil dari penghitungan celah pita energi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Celah pita energi semikonduktor $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$

Kode Sampel	Celah pita energi (eV)
A_1	3,76
A_2	3,93
A_3	3,81

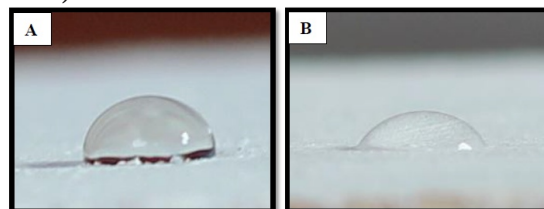
Penambahan titania (TiO_2) pada proses sintesis membuat celah pita energi silika murni dari $\sim 9,0$ eV menjadi turun drastis. Penggunaan pelarut metanol (A_1) menyebabkan penurunan celah pita energi menjadi 3,76 eV, pelarut 1-propanol (A_2) menjadi 3,93 eV dan pelarut 2-propanol (A_3) menjadi 3,81 eV. Penurunan *band gap* dikarenakan penambahan titania yang merupakan bahan semikonduktor *indirect* dengan kemampuan fotokatalitik mempermudah pergerakan elektron yang terikat kuat pada pita valensi (*valence band*) dengan bantuan energi dari sinar ultraviolet dan fotokatalis TiO_2 untuk berpindah menuju pita konduksi (*conduction band*) yang merupakan daerah pergeseran elektron secara bebas untuk membuat sifat semikonduktor semakin baik.

Hasil citra TEM menunjukkan morfologi yang tidak teratur karena terjadi penggumpalan (aglomerasi) sehingga ukuran dari setiap partikel tidak dapat ditentukan. Hasil citra TEM ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Citra TEM (A) perbesaran 20 nm (B) perbesaran 100 nm

Hasil TEM menunjukkan adanya partikel kristal Ti yang masuk ke dalam pori silika (lingkaran merah Gambar 2). Dari gambar tersebut menjelaskan bahwa ikatan Si-O-Ti sudah terbentuk tetapi masih sedikit dan lebih didominasi oleh adanya silika. Sudut kontak dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam (Gambar 3) yaitu basah sebagian $\theta < 90^\circ$, hidrofob $\theta > 90^\circ$ dan hidrofil $\theta = 0^\circ$ (Koninklijke; 2009).



Gambar 3. Hasil pengukuran sudut kontak (A) Tanpa iradiasi UV, (B) Setelah iradiasi UV

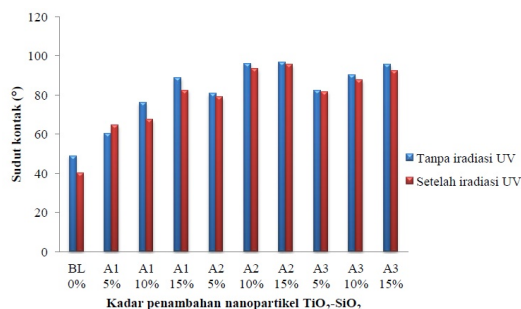
Pengukuran sudut kontak dilakukan pada permukaan padatan tanpa iradiasi dan iradiasi sinar UV pada panjang gelombang 365 nm. Hasil pengukuran sudut kontak ditunjukkan

pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran sudut kontak(θ)

Kode Sampel	Sudut Kontak θ ($^\circ$)	
	Tanpa disinari UV	Setelah disinari UV
BL 0%	48,89 $^\circ$	39,97 $^\circ$
A ₁ 5%	60,14 $^\circ$	64,55 $^\circ$
A ₁ 10%	75,89 $^\circ$	67,38 $^\circ$
A ₁ 15%	88,55 $^\circ$	82,37 $^\circ$
A ₂ 5%	80,73 $^\circ$	78,94 $^\circ$
A ₂ 10%	96,02 $^\circ$	93,27 $^\circ$
A ₂ 15%	96,73 $^\circ$	95,45 $^\circ$
A ₃ 5%	82,02 $^\circ$	81,65 $^\circ$
A ₃ 10%	90,00 $^\circ$	87,45 $^\circ$
A ₃ 15%	95,45 $^\circ$	92,44 $^\circ$

Berdasarkan pengukuran sudut kontak dengan variasi persen massa nanopartikel TiO₂-SiO₂ dalam cat akrilik maka dapat dibuat diagram hubungan antara sudut kontak dan kadar penambahan material nano TiO₂-SiO₂ pada Gambar 4



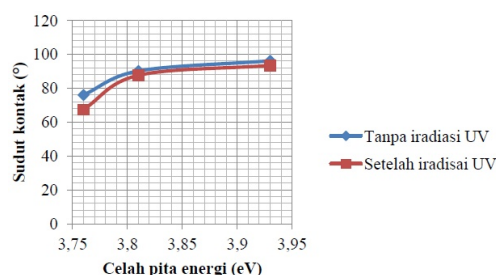
Gambar 4. Hubungan sudut kontak dan kadar penambahan material nano TiO₂-SiO₂

Sudut kontak untuk permukaan cat akrilik tanpa iradiasi sinar ultraviolet (UV) menunjukkan lebih besar dibandingkan sudut kontak setelah iradiasi sinar UV. Adanya sinar UV mengakibatkan fotokatalis TiO₂ menjadi aktif sehingga permukaan akan lebih bersifat hidrofil, dengan sifat yang lebih hidrofil akan membuat sudut kontak air lebih rendah daripada tanpa iradiasi sinar UV.

Hasil sudut kontak pada variasi berat massa dengan pelarut metanol menghasilkan sudut kontak paling kecil diantara semua sampel dengan tiga variasi massa yang berbeda dan penggunaan pelarut 1-propanol memberikan hasil sudut kontak lebih besar dari pelarut 2-propanol. Peningkatan massa nanopartikel dalam cat akrilik meningkatkan sudut kontak untuk semua sampel.

Rendah dan tingginya sudut kontak dipengaruhi oleh celah pita energi dari setiap sampel yang dihasilkan. Celah pita energi yang rendah juga menghasilkan sudut kontak yang kecil, begitu pula sebaliknya sehingga celah pita energi sangat berpengaruh terhadap sudut

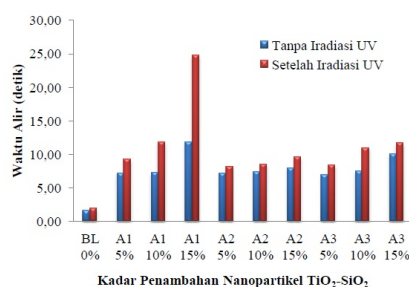
kontak zat cair pada permukaan padatan yang telah dilapisi dengan cat akrilik. Hubungan antara sudut kontak dan celah pita energi ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara sudut kontak dan celah pita energi pada variasi 10%

Pengukuran waktu alir pada permukaan padatan menghasilkan waktu alir zat cair (air) dengan perbedaan yang cukup signifikan untuk setiap sampel, baik tanpa dan setelah iradiasi menggunakan sinar UV. Penggunaan sinar UV menyebabkan waktu alir zat cair pada permukaan cat menjadi lebih lama yang disebabkan aktifnya fotokatalis molekul TiO₂ yang bersifat hidrofob sehingga memberikan kemampuan *self-cleaning* pada permukaan cat.

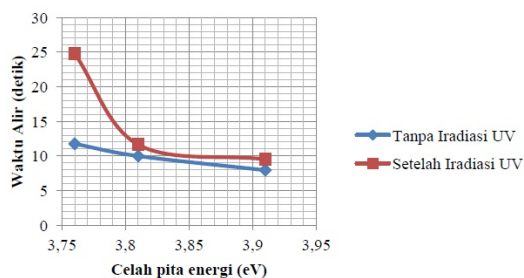
Perbedaan waktu alir yang signifikan untuk setiap sampel dapat menjelaskan pengaruh penggunaan jenis pelarut yang berbeda. Hasil pengukuran waktu alir zat cair pada permukaan padatan ditunjukkan pada diagram hubungan antara waktu alir dan kadar penambahan material nanopartikel TiO₂-SiO₂ pada cat Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan waktu alir dan kadar penambahan nanopartikel TiO₂-SiO₂

Sampel dengan pelarut metanol (A₁) menghasilkan waktu alir paling lama dibandingkan dua pelarut yang lain, kemudian diikuti oleh 2-propanol (A₃) dan 1-propanol (A₂). Dari waktu alir yang dihasilkan maka dapat diketahui bahwa celah pita energi juga mempengaruhi waktu alir zat cair pada permukaan cat, sehingga semakin kecil celah pita energi menghasilkan waktu alir semakin lama. Hal ini dikarenakan adanya TiO₂ yang memberikan kemampuan hidrofil pada permukaan dan SiO₂ mempertahankan permukaan cat agar zat cair

tidak terserap oleh cat (hidrofob) sehingga kotoran yang ada di permukaan cat akan tersapu oleh air (*self-cleaning*). Hubungan pengaruh dari celah pita energi dan waktu alir dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan antara celah pita energi dan waktu alir pada penambahan nanopartikel 15%

Gambar 7. menjelaskan bahwa semakin kecil celah pita energi maka akan menghasilkan waktu alir yang lebih lama dan akan memberikan kerja *self-cleaning* terbaik.

Simpulan

Penggunaan jenis pelarut yang berbeda mempengaruhi karakteristik partikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ terutama menurunkan celah pita energi SiO_2 menjadi 3,76 eV dengan penggunaan pelarut metanol. Selain pengaruh pelarut, penambahan TiO_2 juga mempengaruhi penurunan celah pita energi. Celah pita energi yang kecil akan meningkatkan kinerja *self-cleaning* cat akrilik pada permukaan zat padat dengan menurunkan sudut kontak dan menaikkan waktu alir dengan bantuan sinar ultraviolet.

Daftar Pustaka

Balachandran, K., Venckaesh, R., Sivaraj, R. 2010. Synthesis of nano $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ composite using sol-gel method: effect on size, surface morphology and thermal stability. *Intenational Journal of Engineering Science and Technology*, 2(8): 3695-3700

Beganskiene, A., Sitrutkaitis, V., Kurtinaitiene, M., Juskenas, R. dan Kareiva, A. 2004. FTIR, TEM, and NMR Investigations of Stöber Silica Nanoparticles. *Journal Materials Science*, 10(4): 287-290

Carneiro, C., Vieira, R., Mendes, M.A., Magalhães, D.F. 2012. Nanocomposite acrylic paint with self-cleaning action. *Journal Coating Technology*, 9(6): 687-691

Fernandez, B.R. 2011. *Sintesis Nanopartikel*. Padang: Pascasarjana Universitas Andalas

Fernandez, B.R. 2012. Sintesis Nanopartikel SiO_2 Menggunakan Metode Sol-Gel Dan Aplikasinya Terhadap Aktifitas Sitotoksik. *Review Jurnal Nanoteknologi*. Padang: Pascasarjana Universitas Andalas. Hal: 3-12

Fessenden dan Fessenden. 1986. *Kimia Organik Jilid 1 3rd*. Translated by Pudjaatmaka, A.H. 1982. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama

Haryo, W.S., Hangga, A., Gusena, W., Kurniawan, T., Sawitri, D. 2012. Aplikasi Partikel TiO_2 Sebagai *Self Cleaning* Pada Cat Minyak. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*. Serpong

Koninklijke Brill NV, Leiden. 2009. *Contact Angle, Wettability and Adhesion Volume 6*. Netherlands: The imprints BRILL, Hotei Publishing

Mirabedini A., Mirabedini S.M., Babalou A.A., Pazokifard S. 2011. Synthesis, characterization and enhanced photocatalytic activity of $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ nanocomposite in an aqueous solution and acrylic-based coatings. *Journal Progress in Organic Coatings*, 72 (2011): 453-460. Tersedia di <http://www.elsevier.com/locate/porgcoat> [diakses 16-02-2014]

Rahman, I.A. dan Padavettan, V. 2012. Synthesis of Silica Nanoparticles by Sol-Gel: Size-Dependent Properties, Surface Modification, and Applications in Silica-Polymer Nanocomposites. *Journal of Nanomaterials*, 1-14