

**Thin Film TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS on Glass Substrate for Self-Cleaning Surface**Teguh Prayitno<sup>✉</sup>, Sri WahyuniJurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Lantai 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229, Indonesia**Info Artikel**

Diterima Juli 2021

Disetujui Agustus 2021

Dipublikasi September  
2021**Keywords:***Morfologi TiO<sub>2</sub>nanorod  
Poli Dimetilsiloksan (PDMS)  
Lapis tipis  
Swa-Bersih***Abstrak**

Swa-bersih merupakan kemampuan membersihkan dirinya sendiri pada suatu permukaan melalui mekanisme hidrofobik dan mekanisme fotokatalitik. Sifat swa-bersih dapat dipengaruhi oleh material yang digunakan. Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) merupakan material yang memiliki sifat fotokatalitik dan Polidimetilsiloksan (PDMS) merupakan material yang bersifat hidrofobik. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh PDMS terhadap sifat hidrofobik lapis tipis TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS. TiO<sub>2</sub>nanorod disintesis menggunakan metode *solvothermal*. Difraktogram hasil analisis XRD menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub> hasil sintesis berfase *anatase* dan ukuran kristalitnya adalah 25,96 nm. TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS dapat dilapiskan pada permukaan plat kaca dengan metode *spin coating*. Sifat hidrofobik permukaan plat ditunjukkan oleh sudut kontak sebesar 126,9° pada rasio mol TiO<sub>2</sub> : PDMS 1:2. Sifat hidrofobik memberi kontribusi sifat swa bersih dengan menghambat polutan yang mengandung air. TiO<sub>2</sub> memberi kontribusi sifat swa bersih melalui aktivitas fotokatalitik ketika menyerap sinar UV dan ditunjukkan dengan penurunan kadar *methylene blue* terbesar yaitu dengan 92,48% pada sampel kaca TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS dengan perbandingan 1:2 dan dapat menghilangkan warna polutan perasan kunyit.

**Abstract**

Self-cleaning is the ability to clean itself on a surface through a hydrophobic mechanism and a photocatalytic mechanism. Self-cleaning properties can be affected by the material used. Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) is a material that has photocatalytic properties and Polydimethylsiloxane (PDMS) is a material that is hydrophobic. The aim of this study was to determine the effect of PDMS on the hydrophobic properties of TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS thin films. TiO<sub>2</sub>nanorode was synthesized using the *solvothermal* method. The diffractogram from XRD analysis showed that the synthesized TiO<sub>2</sub> was in the *anatase* phase and the crystallite size was 25.96 nm. TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS can be coated on the surface of the glass plate by the *spin coating* method. The hydrophobic nature of the plate surface is indicated by the contact angle of 126.9° at a mole ratio of TiO<sub>2</sub> : PDMS 1:2. Its hydrophobic nature contributes to its self-cleaning properties by inhibiting water-containing pollutants. TiO<sub>2</sub> contributes to its self-cleaning properties through photocatalytic activity when absorbing UV light and is indicated by the largest decrease in *methylene blue* levels, which is 92.48% in TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS glass samples with a ratio of 1:2 and can remove the color of turmeric juice pollutants.

© 2021 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:  
Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
E-mail: prayitnot@students.unnes.ac.id

## Pendahuluan

Swa-bersih merupakan kemampuan membersihkan dirinya sendiri pada suatu permukaan. Mekanisme swa-bersih pada suatu permukaan substrat dapat terjadi melalui dua mekanisme, yaitu mekanisme hidrofobik dan mekanisme fotokatalitik. Mekanisme hidrofobik didasarkan pada efek lotus yang merupakan efek kombinasi dari topografi dan hidrofobik yang ada di permukaan daun (Feng *et al.*, 2005). Sedangkan mekanisme fotokatalitik didasarkan pada aktivitas fotokatalitik dari agen di permukaan yang memerlukan paparan sinar UV atau sinar matahari. Teknologi swa-bersih banyak dimanfaatkan sebagai pelapis permukaan seperti kaca, bangunan, tekstil, keramik, dan sebagainya. Teknologi swa-bersih memerlukan material yang memiliki sifat fotokatalitik dan sifat hidrofobik (Wang *et al.*, 2019). Salah satu material yang memiliki sifat fotokatalitik adalah titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dan material yang memiliki sifat hidrofobik adalah polidimetilsiloksan (PDMS).

Penelitian untuk meningkatkan aktifitas fotokatalitik khususnya sebagai swa-bersih mengenai modifikasi  $\text{TiO}_2$  telah banyak digunakan khususnya  $\text{TiO}_2$ nanorod. Morfologi nanorod memiliki luas permukaan dan sisi aktif yang paling besar dibandingkan nanotube dan nanowires sehingga memiliki aktifitas fotokatalitik yang besar. Salah satunya adalah memodifikasi  $\text{TiO}_2$ nanorod lapis tipis dengan polimer (Wang *et al.*, 2019). Tujuan modifikasi lapis tipis untuk menghasilkan sifat hidrofobik ini salah satunya dengan menggunakan polimer, sifat ini baik digunakan sebagai swa-bersih. Salah satu polimer yang digunakan dalam modifikasi  $\text{TiO}_2$  merupakan polidimetilsiloksan (PDMS). PDMS digunakan karena polimer ini mampu menghasilkan permukaan yang bersifat hidrofobik, inert, tidak beracun, tidak mudah terbakar dan sangat fleksibel (Choi *et al.*, 2011).

Material lapis tipis telah banyak diaplikasikan dalam bidang mekanika, optik, elektronika dan industri. Material lapis tipis merupakan suatu material yang memiliki ketebalan dalam orde mikrometer hingga nanometer (Isyuniarto *et al.*, 2005). Metode spin coating merupakan metode yang cukup sederhana dan prosesnya cepat dalam menumbuhkan material lapis tipis diantara beberapa metode pelapisan yang telah ada (Dewilda *et al.*, 2012).

## Metode

### Sintesis $\text{TiO}_2$ nanorod

Berdasarkan Christy *et al.*, (2010), partikel  $\text{TiO}_2$  dibuat menggunakan metode *solvothermal* yaitu dengan 4 mmol Natrium etilenadiaminetraasetat ( $\text{Na}_2\text{EDTA}$ ) ditambahkan kedalam 20 mL aquades dan aduk sampai benar-benar larut. Setelah itu diatur pH 9-10 dengan cara menambahkan  $\text{NH}_3$ . Toluena sebanyak 40 mL ditambahkan perlahan dengan menggunakan buret dan diaduk kurang lebih 30 menit. Ditambahkan 4 mL TiIPP secara perlahan pada larutan tersebut. Larutan akan berubah menjadi slurry sebagai hasil dari hidrolisis TiIPP dalam air. Campuran tersebut dipindahkan pada autoklaf pada suhu  $180^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Hasilnya disaring dan dicuci dengan aquades sampai netral dan dikeringkan pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 2 jam, setelah itu dikalsinasi pada suhu  $450^\circ\text{C}$  selama 6 jam, sehingga dihasilkan serbuk putih yang halus. Serbuk yang telah terbentuk disimpan di dalam desikator dan dikarakterisasi dengan XRD kemudian dikompositkan dengan PDMS dan dibuat lapis tipis pada plat kaca. Rumus *Debye Scherrer* sebagai berikut:

$$D = \frac{K \cdot \lambda}{B \cos \theta}$$

Dimana :

D = ukuran (diameter) kristal (nm)

K = konstanta material ( $\approx 0,9$ )

$\theta$  = panjang gelombang sinar X yang digunakan (nm)

B = lebar dari setengah puncak gelombang tertinggi (FWHM) (radian) (Wang *et al.*, 2019)

### Lapis Tipis $\text{TiO}_2$ nanorod-PDMS menggunakan Metode Spin-coating pada Plat Kaca

Plat kaca dibersihkan dahulu dengan larutan etanol untuk menghilangkan kontaminan pada permukaan kaca. Plat kaca kemudian, dikeringkan dan dioven pada suhu  $90^\circ\text{C}$  hingga kering. Serbuk  $\text{TiO}_2$  ditambahkan dengan PDMS dengan cara dilarutkan menggunakan pelarut tetrahidrofur (THF), kemudian dikompositkan pada plat kaca dengan menggunakan metode spin coating yang dilakukan di Laboratorium Riset Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang. Metode lapis tipis dengan

PDMS diambil dari penelitian Zhang, *et al.*, (2013). Penggunaan rasio mol TiO<sub>2</sub> dan PDMS ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Rasio mol TiO<sub>2</sub> dan PDMS

Perbandingan	Massa TiO <sub>2</sub> (g)	Massa PDMS (g)
1:1	0,01	6,25
1:2	0,01	12,5
2:1	0,01	3,125

Sebanyak rasio mol PDMS yang dikonversi dalam gram, PDMS dilarutkan dalam tetrahidrofuran (THF) sebanyak 20 mL, dilakukan pelapisan dengan plat kaca dan serbuk TiO<sub>2</sub>*nanorod*. Variasi massa antara TiO<sub>2</sub> dengan PDMS yaitu 1:1, 1:2, dan 2:1 dengan waktu pengadukan selama 60 menit menggunakan alat *spin coating* dengan modifikasi khusus yang dibuat sendiri, dan kemudian dioven pada suhu 90°C hingga kering selanjutnya dilakukan pengujian mekanisme hidrofobik dan karakterisasi SEM(Wang *et al.*, 2019).



**Gambar 1.** Alat *spin coating* Modifikasi Khusus Buatn Sendiri

#### Pengukuran Sudut Kontak ( $\theta$ )

Pengukuran sudut kontak dilakukan untuk mengetahui lapisan yang terbentuk pada plat kaca tanpa lapisan apapun (blanko) dan plat kaca TiO<sub>2</sub>:PDMS dengan perbandingan mol 2:1, 2:2, dan 1:2. Penentuan sudut kontak dilakukan dengan cara meneteskan air dari ketinggian 1 cm di atas permukaan plat kaca menggunakan alat suntik. Plat kaca yang digunakan adalah plat kaca yang Tetesan air di atas permukaan plat difoto dari depan menggunakan kamera DSLR dengan pengaturan kontras, cahaya, dan fokus yang sudah disesuaikan. Selanjutnya hasil foto diolah dengan menggunakan software Imagej (Wang *et al.*, 2019). Pengukuran sudut kontak tersebut dapat dilakukan berkali-kali agar mendapatkan nilai pasti untuk mengurangi kesalahan akibat penglihatan manusia (Putri *et al.*, 2018). Pengujian sudut kontak dilakukan pada semua sampel dengan perlakuan tanpa penyinaran dan dengan penyinaran lampu UV selama 2 jam untuk mengetahui daya tahan lapisan TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS.

#### Pembuatan Larutan *Methylene blue* 10 Ppm

Larutan standar zat warna *methylene blue* dibuat dengan cara membuat larutan induk 1000 ppm dengan menimbang 0,25 g zat warna MB ke dalam beaker glass kemudian dipindahkan ke dalam labu takar 250 mL ditambahkan aquades sampai tanda batas, dan dikocok hingga homogen. Selanjutnya membuat larutan *methylene blue* 10 ppm dengan mengambil 2,5 mL larutan induk *methylene blue* 1000 ppm kedalam labu takar 250 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda batas, dan dikocok hingga homogeny (Wang *et al.*, 2019).

#### Uji Penurunan Konsentrasi Limbah *Methylene Blue*

Uji efektivitas kaca TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS yang akan digunakan adalah plat kaca tanpa lapisan apapun (blanko) dan plat kaca TiO<sub>2</sub> : PDMS dengan perbandingan mol 2:1, 2:2, dan 1:2. Lapisan TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS pada plat kaca dimasukan kedalam larutan *methylene blue* 10 ppm dengan cara diikat. Selanjutnya didiamkan selama 30 menit. Kemudian dilakukan penyinaran menggunakan lampu UV dan

lampu LED selama 50 menit dengan setiap 10 menit diamati perubahannya. Untuk mengukur persentase penurunan konsentrasi *methylene blue* yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\text{Penurunan Konsentrasi} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100 \%$$

Keterangan : (C<sub>0</sub>) konsentrasi limbah *methylene blue* sintetis awal (ppm) dan (C<sub>a</sub>) konsentrasi limbah *methylene blue* sintetis setelah penyinaran (ppm) (Wang *et al.*, 2019).

Pembuatan Pewarna dari Kunyit sebagai Pengotor

Sebanyak 10 gram kunyit diparut, kemudian parutan diberi air sebanyak 150 mL dan diperas dengan menggunakan kain bersih untuk diambil airnya (Aprilita *et al.*, 2010).

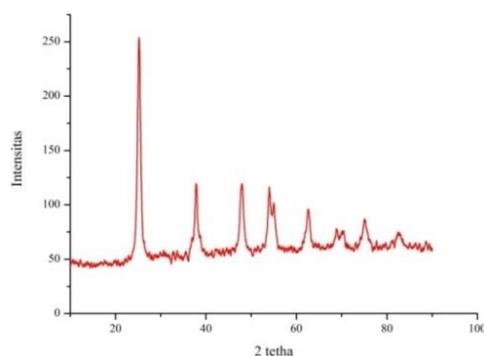
Uji Swa Bersih

Uji swa-bersih dilakukan dengan cara memberikan pengotor atau noda berupa pewarna dari kunyit di atas plat kaca tanpa lapisan apapun (blanko) dan plat kaca TiO<sub>2</sub>:PDMS dengan perbandingan mol 2:1. Aktivitas swa-bersih pada plat kaca disinari dengan menggunakan lampu UV dan UV-LED selama 120 menit dan setiap 60 menit sekali diamati perubahannya dengan melihat secara visual (Aprilita *et al.*, 2010).

## Hasil dan Pembahasan

Hasil Sintesis TiO<sub>2</sub>*nanorod*

Hasil sintesis TiO<sub>2</sub>*nanorod* dikarakterisasi dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) menggunakan instrumen Maxima XRD 7000 untuk mengetahui fase kristal, kristalinitas, ukuran kristalit, dan koefisien tekstural. Difraktogram yang dihasilkan dari hasil XRD dianalisis lebih lanjut dengan cara dibandingkan pola difraksinya dengan pola standar yang terdapat pada data *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDF) TiO<sub>2</sub> fase *anatase*. Difraktogram yang dihasilkan diolah dengan menggunakan rumus *Debye Scherrer* untuk menentukan ukuran kristalit. Difraktogram XRD sintesis TiO<sub>2</sub>*nanorod* pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Difraktogram XRD TiO<sub>2</sub>*nanorod*

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat puncak-puncak utama dengan intensitas tertinggi yang menjelaskan sifat dari padatan TiO<sub>2</sub>*nanorod* ditunjukkan pada Tabel 2. berikut ini.

**Tabel 2.** Data Hasil Karakterisasi TiO<sub>2</sub>*nanorod* Menggunakan XRD

Kode Sampel	2θ	FWHM(rad)	θ (rad)	Ukuran kristalit (nm)	Rata-rata ukuran kristalit (nm)
TiO <sub>2</sub>	25,23	0,77	12,61	10,57	25,96
	37,84	0,64	18,92	13,12	
	47,90	0,85	23,95	10,25	
	54,06	0,84	27,03	10,64	
	62,61	0,78	31,30	11,95	
	73,08	0,100	36,54	99,20	

Hasil analisis XRD pada Gambar 2. menunjukkan puncak-puncak difratogram TiO<sub>2</sub>nanorod terletak pada 2θ = 25,23; 37,84; 47,90; 54,06; 62,61; 73,08. Dapat diketahui dari hasil tersebut bahwa sifat dari sampel tersebut adalah kristalin yaitu ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak yang cenderung meruncing pada sudut 2θ.

Berdasarkan pada Tabel 2 menunjukkan difraktogram adanya sifat kristalin dari fraksi anatase TiO<sub>2</sub> sesuai dengan difraktogram standar atau JCPDF (*Joint comminte on powder diffraction standars*) TiO<sub>2</sub> anatase. Hasil analisis menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub>nanorod fase anatase pada sudut 2θ = 25,23; 37,84; 47,90. Nilai 2θ yang dihasilkan hampir sama dengan 2θ yang dilaporkan oleh Thamaphat *et al.*, (2008) yaitu pada 2θ : 25 dan 48 sesuai dengan JCPDS No.84-1286 yang merupakan fase anatase. Theivasanthi & Alagat (2008), melaporkan hasil yang hampir sama yaitu dengan nilai 2θ = 25,2: 37,7: 48,08: 55,03 merupakan TiO<sub>2</sub> fase anatase hasil tersebut didasarkan pada JCPDS No. 841286. Berdasarkan pola difraksi yang dihasilkan menunjukkan bahwa sampel bersifat kristalin sehingga selanjutnya dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* pada dan hasil perhitungan untuk memperkirakan ukuran kristal anatase TiO<sub>2</sub>nanorod. Hasil perhitungan rata-rata menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* didapatkan ukuran kristal TiO<sub>2</sub>nanorod adalah 25,96 nm.

Analisis lebih lanjut dari hasil XRD adalah menentukan tekstur dari serbuk TiO<sub>2</sub> dari difraksi sinar X dengan menentukan nilai koefisien tekstur dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Tc(hkl) = \left[ \frac{I(hkl)/Ir(hkl)}{\frac{1}{N} \sum I(hkl)/Ir(hkl)} \right]$$

Dimana, Tc (hkl) adalah nilai koefisien tekstur, I(hkl) adalah intensitas XRD dari pengukuran, N adalah jumlah refleksi dalam pola XRD, dan Ir(hkl) adalah intensitas dari referensi (JCPDS 84-1286). Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3. berikut:

**Tabel 3.** Koefisien Tekstural TiO<sub>2</sub>nanorod

Hkl	2θ	D(A)	I(hkl)	Ir(hkl)	i/Ir	Tc(hkl)
101	25,23	3,52	45	45	1,00	0,90
103	37,71	2,32	13,82	12,37	1,12	1,00
200	47,90	1,89	13,31	11,29	1,18	1,06
105	54,06	1,69	10,63	10,64	1,00	0,90
211	55,28	1,67	8,76	6,42	1,36	1,22
116	68,89	1,36	4,64	4,24	1,09	0,98
220	70,12	1,34	2,42	2,29	1,06	0,95
Rata-Rata Nilai Koefisien Tekstural						1,00

Berdasarkan pada Tabel 3. hasil nilai koefisien tekstur dari TiO<sub>2</sub>nanorod memiliki Tc(hkl) dengan nilai lebih besar dari 1 pada bidang 103, 200, dan 211 dan memiliki rata-rata sebesar 1,00. Hal ini menandakan adanya indikasi bahwa pertumbuhan TiO<sub>2</sub>nanorod ke satu orientasi(Parthiban *et al.*, 2015).

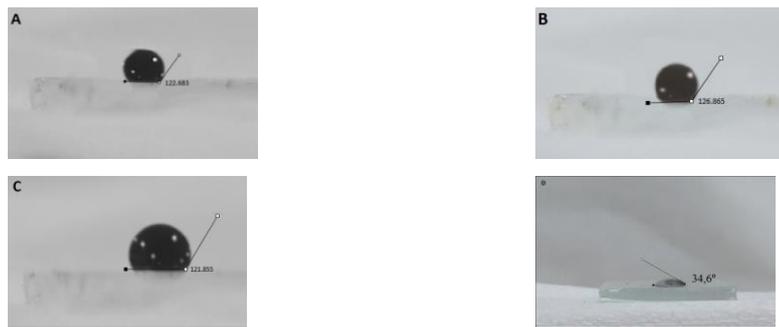
#### Pengukuran Sudut Kontak

Penentuan sudut kontak dilakukan dengan metode tetesan air di atas permukaan plat kaca lapis tipis TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS. Pengukuran sudut kontak dilakukan untuk mengetahui sifat dari permukaan bersifat hidrofilik atau hidrofobik. Hasil sudut kontak untuk semua sampel pengujian sebelum dan sesudah disinari dengan lampu UV dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil pengambilan gambar pengukuran sudut kontak ditunjukkan pada Gambar 3. dan 4. berikut ini.

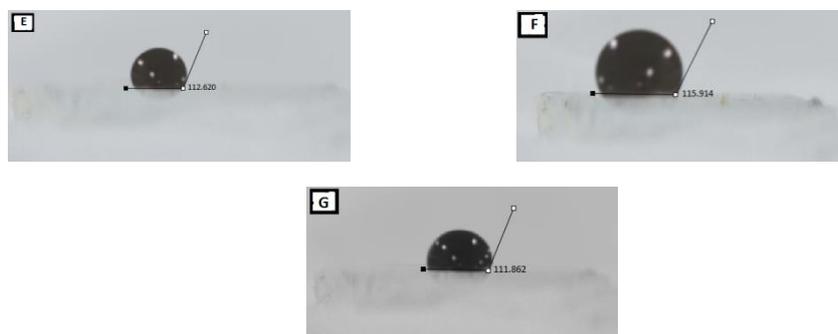
Dari ketiga hasil sudut kontak di atas menunjukkan bahwa sudut kontak terbesar diperoleh dari perbandingan rasio mol TiO<sub>2</sub>-PDMS 1:2. Hal ini menandakan bahwa aplikasi lapis tipis TiO<sub>2</sub>nanorod terjadi mekanisme hidrofobik. Data hasil uji sudut kontak selanjutnya diuji untuk mengetahui mekanisme fotokatalitik dengan proses penyinaran selama 2 jam untuk mengetahui perubahan sudut kontak yang dihasilkan. Hasil pengukuran sudut kontak setelah penyinaran 2 jam dapat dilihat pada Gambar 4.

**Tabel 4.** Hasil Pengukuran Sudut Kontak

Rasio mol TiO <sub>2</sub> -PDMS	Tanpa Penyinaran	Penyinaran	Selisih sudut kontak
1:1	122,7°	112,6°	10,1°
1:2	126,9°	115,9°	11°
2:1	121,9°	111,9°	10°



**Gambar 3.** Foto Hasil Pengujian Hidrofobisitas Kaca Lapis Tipis TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS (a) 1:1 (b) 1:2 (c) 2:1 (d) tanpa PDMS



**Gambar 4.** Pengujian Hidrofobisitas Kaca Lapis Tipis TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS Penyinaran (e) 1:1 (f) 1:2 (g) 2:1

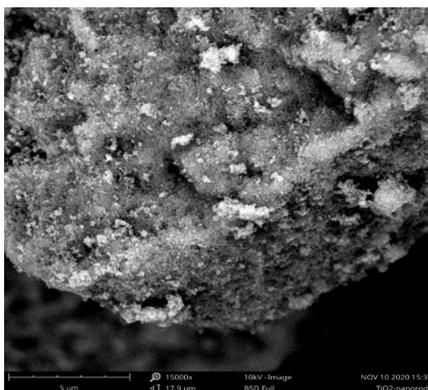
Berdasarkan data pada Tabel 4, sudut kontak sampel dengan rasio mol PDMS paling banyak yaitu 1:2 menghasilkan sudut kontak paling besar yaitu 126,9° dan mengalami penurunan saat dilakukan penyinaran menjadi 115,9°. Perbandingan yang kedua, yaitu 1:1 menghasilkan sudut kontak 122,9° mengalami penurunan saat dilakukan penyinaran menjadi 112,6°. Perbandingan yang ketiga, yaitu 2:1 menghasilkan sudut kontak 121,9° mengalami penurunan saat dilakukan penyinaran menjadi 111,9°. Hal ini menandakan adanya perbedaan besarnya sudut kontak pada masing-masing sampel dengan adanya perbedaan penambahan PDMS yang dilakukan. Semakin banyak PDMS yang ditambahkan pada sampel, sampel tersebut semakin bersifat hidrofobik. Menurut Nimitrakoolchai & Supothina, (2010) bahwa semakin tinggi kandungan PDMS maka sifat hidrofobitasnya juga semakin tinggi.

Penurunan sudut kontak dipengaruhi terjadinya mekanisme fotokatalitik. Mekanisme fotokatalitik terjadi karena fotokatalis titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) yang merupakan semikonduktor menyerap radiasi ultraviolet (UV) dari sumber cahaya (lampu). Mekanisme fotokatalitik ini terjadi apabila banyak kehilangan semikonduktor dari TiO<sub>2</sub> yang dapat menyebabkan penurunan sudut kontak. Dahlan *et al.*, (2007), menyatakan ketika TiO<sub>2</sub> mendapatkan penyinaran, nilai sudut kontak mengalami penurunan karena adanya mekanisme fotokatalitik, sedangkan ketika tidak mendapatkan penyinaran sudut kontak lapisan tipis tetap tidak berubah karena tidak terjadi mekanisme fotokatalitik. Menurut Wang *et al.*, (2019), bahwa semakin banyak kandungan TiO<sub>2</sub> yang terurai menjadi superoksida (O<sub>2</sub><sup>-\*</sup>) dan radikal hidroksil (HO<sup>\*</sup>) akibat dari mekanisme fotokatalitik maka akan membuat lapisan tersebut mengalami penurunan sudut kontak.

#### Karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Karakterisasi SEM dapat mengetahui morfologi dari nanopartikel yang dihasilkan. Analisis menggunakan SEM menunjukan bahwa hasil morfologi *nanorod* tidak terlihat bentuk TiO<sub>2</sub>*nanorod*, sehingga dilakukan perhitungan analisis dari data XRD terkait nilai koefisien tekstur untuk mengetahui bahwa TiO<sub>2</sub>*nanorod* tumbuh ke satu arah tertentu. Sampel untuk karakterisasi SEM adalah komposit

TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS 1:2 yang memiliki hasil sudut kontak paling besar. Hasil SEM TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS disajikan pada Gambar 5.



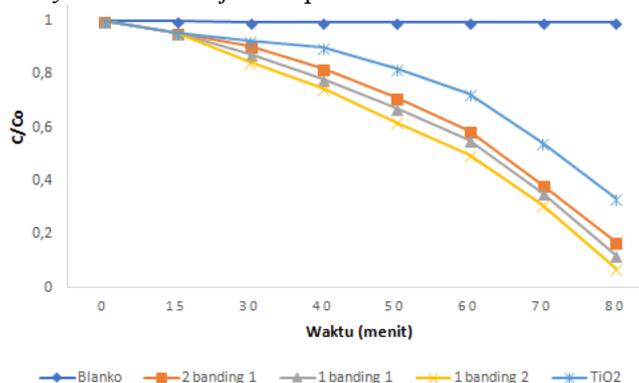
**Gambar 5.** Hasil SEM TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS

Berdasarkan Gambar 5. hasil SEM komposit TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS tidak terlihat pertumbuhan *nanorod*, hal ini karena lapis tipis pada plat kaca tidak ditumbuhkan secara langsung. Menurut Talebian *et al.*, (2012), pertumbuhan lapis tipis lebih baik ditumbuhkan langsung pada plat kaca. Pertumbuhan TiO<sub>2</sub>*nanorod* pada hasil SEM Gambar 5 dianalisis lebih lanjut dengan menghitung nilai koefisien tekstur, dan diperoleh nilainya rata-rata 1. *Nanorod* merupakan morfologi yang terbentuk anisotropik. Nilai koefisien tekstural yang lebih dari 1 menandakan bahwa pertumbuhan TiO<sub>2</sub>*nanorod* mengarah ke satu orientasi artinya pertumbuhan kristal memanjang ke satu arah tertentu. Morfologi TiO<sub>2</sub> menunjukkan pertumbuhan *nanorod*, hal ini karena penggunaan Na<sub>2</sub>EDTA saat proses sintesis dengan menghasilkan TiO<sub>2</sub> yang berbentuk batang (rod) karena Na<sub>2</sub>EDTA berfungsi dalam mengarahkan struktur nano berdimensi satu.

Hasil SEM pada perbandingan 1:2 dengan kandungan PDMS lebih besar dari TiO<sub>2</sub> menyebabkan sudut kontak yang dihasilkan jauh lebih besar. Wang *et al.*, (2019), menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan PDMS maka akan membuat lapisan tersebut mengalami sudut kontak yang lebih besar dan bersifat hidrofobik. Nimitrakoolchai & Supothina, (2010), menyatakan bahwa semakin tinggi kandungan PDMS maka sifat hidrofobitasnya juga semakin tinggi. Hasil perbandingan rasio mol 1:2 sifat fisik sampel tampak kasar hal ini memicu kekasaran yang membuat sudut kontak dari lapisan ini semakin besar. Seiring dengan bertambah kasarnya permukaan maka sudut kontak juga akan bertambah dan bersifat hidrofobik (Bhushan *et al.*, 2009).

#### Uji Aktivitas Fotokatalitik melalui Penurunan Konsentrasi *Methylene Blue*

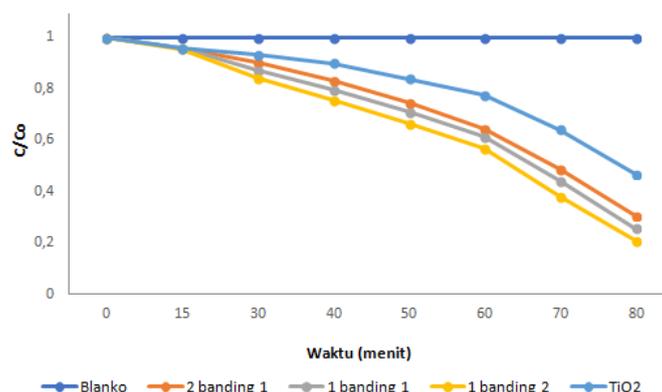
Pengujian aktivitas fotokatalitik TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS hasil sintesis dilakukan untuk menurunkan konsentrasi 10 ppm methylene blue di bawah sinar UV dan LED pada sampel kaca TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS. Penggunaan lampu UV untuk mengetahui aktivitas fotokatalitik TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS dapat bekerja dibawah sinar matahari. Sedangkan lampu LED digunakan untuk mengetahui aktivitas fotokatalitik TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS dapat bekerja didalam ruangan yang hanya memiliki pencahayaan dari lampu. Hasil penurunan konsentrasi *methylene blue* ditunjukkan pada Gambar 6 Tabel 5 dan Gambar 7 Tabel 6 berikut:



**Gambar 6.** Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Methylene blue Menggunakan Lampu UV

**Tabel 5.** Penurunan Kadar *Methylene blue* Menggunakan Lampu UV

Sampel(TiO <sub>2</sub> :PDMS)	Penurunan Kadar (%)
Blanko	0,38
2 : 1	82,83
1 : 1	87,67
1 : 2	92,48
TiO <sub>2</sub>	66,47

**Gambar 7.** Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi *Methylene blue* Menggunakan Lampu LED**Tabel 6.** Penurunan Kadar *Methylene blue* Menggunakan Lampu LED

Sampel(TiO <sub>2</sub> :PDMS)	Penurunan Kadar (%)
Blanko	0,30
2 : 1	69,57
1 : 1	74,42
1 : 2	79,26
TiO <sub>2</sub>	53,15

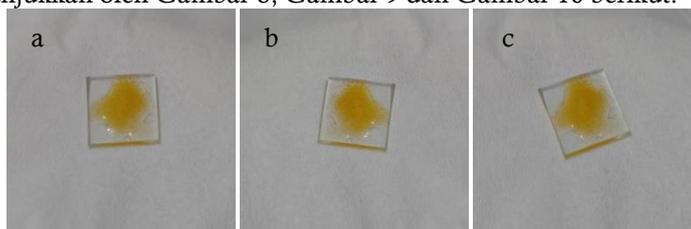
Proses pengujian aktivitas fotokatalitik TiO<sub>2</sub> *nanorod*-PDMS terdiri dari dua kondisi yaitu gelap dan terang (radiasi sinar ultraviolet dan lampu LED). Kondisi gelap bertujuan untuk menstabilkan proses absorpsi dan desorpsi antara zat warna *methylene blue* dan partikel TiO<sub>2</sub> (Wang *et al.*, 2019). Hasil penurunan konsentrasi *methylene blue* oleh TiO<sub>2</sub> *nanorod*-PDMS menggunakan lampu UV berdasarkan Tabel 5 yaitu sampel blanko memiliki penurunan sebesar 0,38%, sampel TiO<sub>2</sub> memiliki penurunan sebesar 66,67%, sampel kaca TiO<sub>2</sub> *nanorod*-PDMS dengan perbandingan 2:1 memiliki penurunan sebesar 82,83%, sampel kaca TiO<sub>2</sub> *nanorod*-PDMS dengan perbandingan 1:1 memiliki penurunan sebesar 87,67%, sampel kaca TiO<sub>2</sub> *nanorod*-PDMS dengan perbandingan 1:2 memiliki penurunan sebesar 92,48%. Sedangkan hasil penurunan konsentrasi *methylene blue* oleh TiO<sub>2</sub> *nanorod*-PDMS menggunakan lampu LED berdasarkan Tabel 6 yaitu blanko memiliki penurunan sebesar 0,30%, sampel TiO<sub>2</sub> memiliki penurunan sebesar 0,30%, sampel kaca TiO<sub>2</sub> *nanorod*-PDMS dengan perbandingan 2:1 memiliki penurunan sebesar 69,57%, sampel kaca TiO<sub>2</sub> *nanorod*-PDMS dengan perbandingan 1:1 memiliki penurunan sebesar 74,42%, sampel kaca TiO<sub>2</sub> *nanorod*-PDMS dengan perbandingan 1:2 memiliki penurunan sebesar 79,26%. Berdasarkan hasil penurunan konsentrasi tersebut menunjukkan bahwa apabila penambahan PDMS semakin tinggi maka hasil penurunan konsentrasi *methylene blue* semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin tinggi penambahan PDMS maka sifat hidrofobiknya meningkat yang dapat mempermudah menurunkan konsentrasi *methylene blue* dengan adanya mekanisme swa-bersih (Wang *et al.*, 2019). Sehingga PDMS akan menghambat *methylene blue* menempel pada permukaan plat kaca. Dan semakin banyak TiO<sub>2</sub> *nanorod*-PDMS yang menempel pada plat kaca yang jika terkena energi foton akan membentuk O<sub>2</sub><sup>-\*</sup> yang dapat menurunkan kadar *methylene blue*.

Hasil uji aktivitas penurunan konsentrasi terhadap *methylene blue* pada Tabel 5 dan 6 ditunjukkan hasil penurunan konsentrasi *methylene blue* akan semakin besar seiring dengan semakin lama waktu

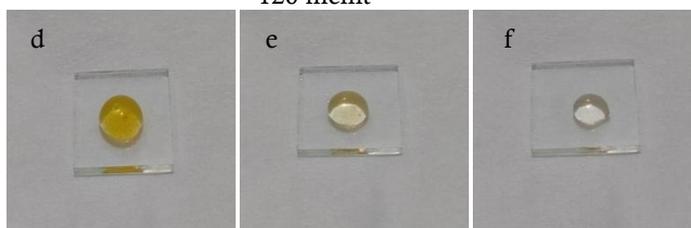
penyinaran. Semakin lama waktu penyinaran maka energi foton yang dihasilkan semakin banyak, maka konsentrasi dari *methylene blue* semakin menurun. Hasil uji fotokatalitiki yang didapatkan dengan penurunan kadar *methylene blue* terbesar yaitu dengan penurunan konsentrasi 92,48% pada sampel kaca TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS dengan perbandingan 1:2 menggunakan lampu UV selama 50 menit. Hal ini dikarenakan energi foton yang dihasilkan lampu UV lebih besar dari lampu LED.

Uji Aktifitas Fotokatalitik TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS pada Noda Kunyit

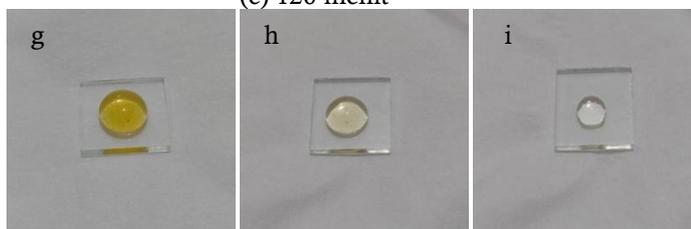
Pengujian swa-bersih dilakukan dengan menggunakan pengotor organik berupa noda perasan kunyit pada sampel kaca TiO<sub>2</sub>*nanorod*-PDMS perbandingan 2:1. Dilakukan penyinaran selama 120 menit dengan rentang waktu setiap 60 menit diambil gambarnya. Sampel perbandingan 2:1 dipilih dikarenakan memiliki sudut kontak paling tinggi dibandingkan sampel dengan perbandingan yang lainnya. Hasil pengujian swa-bersih ditunjukkan oleh Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10 berikut:



**Gambar 8.** Hasil Pengujian Swa-Bersih Menggunakan Blanko (a) 0 menit, (b) 60 menit, dan (c) 120 menit



**Gambar 9.** Hasil Pengujian Swa-Bersih Menggunakan Lampu UV (a) 0 menit, (b) 60 menit, dan (c) 120 menit



**Gambar 10.** Hasil Pengujian Swa-Bersih Menggunakan Lampu UV-LED (d) 0 menit, (e) 60 menit, dan (f) 120 menit

Berdasarkan pada Gambar 8 sampel blanko tidak terjadi perubahan warna noda perasan kunyit. Pada Gambar 9 dan Gambar 10 di atas terlihat bahwa pada masing-masing sampel warna noda perasan kunyit semakin menghilang seiring bertambahnya waktu penyinaran. Untuk sampel dengan waktu penyinaran 120 menit sisa warna noda perasan kunyit lebih pudar dibandingkan dengan sampel dengan waktu penyinaran 60 menit maupun 0 menit. Proses swa-bersih yang terjadi memiliki dua mekanisme yaitu PDMS dengan sifat hidrofobik dan TiO<sub>2</sub> dengan sifat fotokatalitik. Sifat hidrofobik dari PDMS akan membuat permukaan sampel dapat mencegah zat noda perasan kunyit menempel pada sampel. Hal ini dapat mempermudah proses pemudaran noda. Sedangkan sifat fotokatalitik dari TiO<sub>2</sub> dapat mereduksi senyawa organik seperti noda perasan kunyit. Hal ini disebabkan karena banyaknya energi foton yang diserap oleh fotokatalis. Menurut Aprilita *et al.* (2010), semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak energi foton yang diserap oleh fotokatalis. Oleh karena itu O<sub>2</sub><sup>-\*</sup> yang terbentuk pada fotokatalis semakin banyak dan interaksi antara fotokatalis dan noda perasan kunyit juga semakin meningkat sehingga efektivitas swa-bersih sampel juga akan meningkat. Hasil pemudaran noda perasan kunyit terbaik menggunakan lampu LED-UV dengan waktu penyinaran 120 menit. Untuk sampel dengan penyinaran menggunakan lampu LED-UV sisa noda pengotornya lebih cepat memudar dibandingkan dengan sampel yang hanya disinari dengan Lampu UV saja. Hal ini dikarenakan lampu UV-LED

menghasilkan energi foton yang lebih besar dibandingkan dengan lampu UV saja. Sehingga noda akan lebih cepat pudar yang ditunjukkan pada Gambar 10.

### Simpulan

TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS dapat dilapiskan pada permukaan plat kaca dengan metode *spin coating*. Uji sifat hidrofobik terbesar diperoleh sudut kontak sebesar 126,9° pada perbandingan TiO<sub>2</sub>:PDMS 1:2 dan perbandingan TiO<sub>2</sub>:PDMS terkecil pada 2:1 sebesar 121,9°. Pada pengujian sifat fotokatalitik untuk penurunan kadar methylene blue didapatkan penurunan kadar *methylene blue* terbesar yaitu dengan 92,48% pada sampel kaca TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS dengan perbandingan 1:2 menggunakan lampu UV selama 50 menit. Pengujian aktifitas swa-bersih TiO<sub>2</sub>nanorod-PDMS dapat menghilangkan noda perasan kunyit terbaik menggunakan lampu LED-UV.

### Saran

Dalam penelitian ini didapatkan hasil analisis yang kurang memuaskan terutama pada karakterisasi menggunakan SEM, sehingga perlu dilakukan karakterisasi lebih lanjut menggunakan TEM atau Vis-SEM. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>-PDMS dan pengaplikasiannya. Perlu dilakukan tentang karakterisasi TiO<sub>2</sub>-PDMS lebih lanjut dengan penambahan senyawa lain yang memiliki sifat yang serupa.

### Daftar Referensi

- Aprilita, N. H., Kartini, I., and Ratnaningtyas, S. H. 2010. Self Cleaning Glass Based On Acid-Treated TiO<sub>2</sub> Films With Palmitic Acid As Model Pollutant. *Indonesia Journal Of Chemistry*, 8(2): 200-206.
- Bhushan, B., Jung, Y. C., and Koch, K. 2009. Micro-, nano- And hierarchical structures for superhydrophobicity, self-cleaning and low adhesion. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1894): 1631–1672.
- Choi, S. J., Kwon, T. H., Im, H., Moon, D. Il, Baek, D. J., Seol, M. L., Duarte, J. P., & Choi, Y. K. 2011. A polydimethylsiloxane (PDMS) sponge for the selective absorption of oil from water. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 3(12): 4552–4556. <https://doi.org/10.1021/am201352w>
- Christy, P. D, Melikechi, N., Jothi, N. S. N., Suganthi, A. R. B. and Sagayaraj, P. (2010). Synthesis of TiO<sub>2</sub> Nanorods by Oriented Attachment Using EDTA Modifier: a novel approach towards 1D nanostructure development. *Journal nanopart res.* 12 (8). 2875-2882.
- Dahlan, K., Maddu, A., Wigati, K. T., Mubarik, N. R., Material, F., Fmipa-ipb, D. F., Fmipa-ipb, D. B., & Darmaga, K. I. P. B. 2007. Inaktivasi Fotoelektrokatalisis E-coli Menggunakan Elektroda TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>. *Jurnal Sains Mipa*, 13(2): 77–83.
- Dewilda, W., Afrianita, R. dan Imam, F. 2012. Degradasi Senyawa Fenol dengan Mikroorganisme Laut. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 9 (1): 59-73.
- Feng, X., Zhai, J., and Jiang, L. 2005. The fabrication and switchable superhydrophobicity of TiO<sub>2</sub> nanorod films. *Angewandte Chemie - International Edition*, 44 (32): 5115–5118.
- Isyuniarto, Usada, W., Purwadi, A. dan Suryadi. 2005. *Degradasi Fenol dalam Limbah Pengolahan Minyak Bumi dengan Ozonisasi*. Yogyakarta: Puslitbang Teknologi.
- Nimitrakoolchai, O. Uma, H., and Supothina, S. 2010. Deposition of transparent, hydrophobic polydimethylsiloxane-nanocrystalline TiO<sub>2</sub> hybrid films on glass substrate. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 32(2): 157–162.
- Parthiban, R., Balamurugan, D., and Jayaprakash, B. 2015. Spray Deposited ZnO and Ga Doped ZnO Based DSSC with Bromophenol Blue Dye as Sensitizer. *Material Science in Semiconductor Processing*. 31: 471-477.
- Thamaphat, K., Limsuwan, P., and Ngotawornchai, B. (2008). Phase characterization of TiO<sub>2</sub> powder by XRD and TEM. *Kasetsart J.(Nat. Sci.)*, 42(5): 357–361.
- Theivasanthi, T., & Alagar, M. 2013. Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) Nanoparticles XRD Analyses: An Insight. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 18(2): 164–172.

- Wang, Y., Huang, Z., Gurney, R. S., & Liu, D. 2019. Superhydrophobic and photocatalytic PDMS/TiO<sub>2</sub> coatings with environmental stability and multifunctionality. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 561: 101–108.
- Zhang, M., Feng, S., Wang, L., & Zheng, Y. 2016. Lotus effect in wetting and self-cleaning. *Biotribology*, 5: 31–43.