

Synthesis of TiO₂/PDMS Composites as Antibacterial Coatings on Cotton Fabrics

Rizki Feby Gardika Priyadi[✉], Sri Wahyuni

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Lantai 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, Indonesia.

Info Artikel

Diterima Agustus 2021

Disetujui Oktober 2021

Dipublikasikan November
2021

Keywords:

TiO₂/PDMS Composite
Antibacterial
Contact Angle
Cotton Fabric

Abstrak

Sifat antibakteri pada suatu permukaan substrat dapat terjadi karena dua mekanisme, yaitu mekanisme fotokatalitik dan mekanisme hidrofobik. Salah satu material yang memiliki sifat fotokatalitik adalah titanium dioksida (TiO₂) dan material yang memiliki sifat hidrofobik adalah *polydimethylsiloxane* (PDMS). TiO₂ dapat di modifikasi dengan PDMS untuk menghasilkan material yang bersifat antibakteri. Modifikasi ini dapat dilakukan dengan mengkompositkan TiO₂ dan PDMS. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposit TiO₂/PDMS terhadap sifat antibakteri yang dilapiskan pada permukaan kain katun. Komposit TiO₂/PDMS disintesis menggunakan metode sonikasi. Hasil analisis XRD TiO₂ menunjukkan bahwa TiO₂ adalah kristalin dengan fase anatase dan memiliki ukuran kristal rata-rata adalah 31,24 nm. Hasil analisis FTIR menunjukkan vibrasi Si–O–Ti muncul pada bilangan gelombang 874,53 cm⁻¹ yang menunjukkan terbentuknya ikatan antara TiO₂ dengan PDMS. Komposit TiO₂/PDMS dilapiskan pada permukaan kain katun dengan metode pencelupan. Hasil uji hidrofobisitas menunjukkan sudut kontak terbesar dihasilkan oleh kain terlapis komposit TiO₂/PDMS perbandingan 1:2. Sifat hidrofobik memberi kontribusi tidak mudah basah pada kain katun sehingga mengurangi kelembaban yang dapat mencegah tumbuhnya bakteri pada kain. Hasil uji antibakteri menunjukkan komposit memiliki daya hambat terhadap bakteri *S. aureus*. Daya hambat komposit yang disinari UV memiliki diameter zona bening lebih besar. Diameter zona bening terbesar pada kain terlapis komposit TiO₂/PDMS dengan perbandingan 2:1.

Abstract

Antibacterial properties on a substrate surface can occur due to two mechanisms, photocatalytic mechanism and the hydrophobic mechanism. Titanium dioksida (TiO₂) is a material that has photocatalytic properties and polydimethylsiloxane (PDMS) is a material that is hydrophobic. TiO₂ can be modified with PDMS to produce antibacterial materials. This modification can be done by compositing TiO₂ and PDMS. The aim of the study was to determine the effect of TiO₂/PDMS composites on the antibacterial properties of the coated cotton fabric on the surface. TiO₂/PDMS composites were synthesized using the sonication method. The results of XRD analysis of TiO₂ showed that TiO₂ was crystalline with an anatase phase and had an average crystal size of 31.24 nm. The results of the FTIR analysis showed that Si–O–Ti vibrations appeared at a wave number of 874.53 cm⁻¹ which indicated the formation of bonds between TiO₂ and PDMS. TiO₂/PDMS composites were coated on the surface of cotton fabrics by the dip-coating method. The results of the hydrophobic test showed that the largest contact angle was produced by the TiO₂/PDMS composites coated fabric with a ratio of 1:2. The hydrophobic nature contributes to not getting wet easily on cotton fabrics, thereby reducing moisture which can prevent the growth of bacteria on the fabric. The results of the antibacterial test showed that the composites had an inhibitory effect on *S. aureus* bacteria. The UV irradiated TiO₂/PDMS composite provided a larger diameter of inhibition zone. The diameter of the largest inhibition zone in the TiO₂/PDMS composite coated fabric with a ratio of 2:1.

Pendahuluan

Sifat antibakteri pada suatu permukaan substrat dapat terjadi karena dua mekanisme, yaitu mekanisme fotokatalitik dan mekanisme hidrofobik. Mekanisme fotokatalitik didasarkan pada aktivitas fotokatalitik suatu material di permukaan substrat yang memerlukan paparan sinar matahari atau sinar UV untuk mendegradasi bakteri (Lee *et al.*, 2020). Sedangkan mekanisme hidrofobik ditandai dengan terjadinya sudut kontak air pada permukaan substrat yang memiliki nilai sudut kontak lebih dari 90° (Rozani & Dahlan, 2016). Sifat hidrofobik dapat membuat material menjadi lebih tahan terhadap kontaminan yang mengenainya (Sulistiyono *et al.*, 2020). Salah satu material yang memiliki sifat fotokatalitik adalah titanium dioksida (TiO₂) dan material yang memiliki sifat hidrofobik adalah *polydimethylsiloxane* (PDMS). TiO₂ dapat di modifikasi dengan PDMS untuk menghasilkan material yang bersifat antibakteri. Modifikasi ini dapat dilakukan dengan mengkompositkan TiO₂ dan PDMS membentuk lapisan komposit.

TiO₂ merupakan material fotokatalis sehingga ketika TiO₂ mengadsorpsi sinar UV yang mempunyai energi sama atau lebih besar dari energi celah pita (3,2 eV) akan dibebaskan spesies reaktif radikal hidroksil (•OH) yang merupakan zat oksidatif kuat dan berkontribusi dalam mendegradasi senyawa organik dari komposisi dinding sel bakteri dan menyebabkan kerusakan oksidatif dinding sel bakteri, sehingga membuat bakteri mengalami kematian (Zhu *et al.*, 2018). Xing *et al.*, (2012) menyelidiki bahwa nanopartikel TiO₂ memainkan peran penting dalam aktivitas antibakteri yang lebih berdampak terhadap bakteri Gram positif *Staphylococcus aureus*. Riaz *et al.*, (2019) juga melaporkan pengembangan kain multifungsi terlapisi nanopartikel TiO₂-silanen, yang menunjukkan aktivitas antibakteri yang baik terhadap bakteri *S. aureus*.

Polydimethylsiloxane (PDMS) merupakan polimer hidrofobik dengan energi permukaan rendah. Sifat hidrofobik ditandai dengan terjadinya sudut kontak air pada permukaan material. PDMS yang dikompositkan dengan TiO₂ dapat digunakan untuk membentuk lapisan hidrofobik yang dapat dilapisi sebagai film tipis pada permukaan substrat padat yang akan membuat permukaan substrat sangat tahan air atau tidak mudah basah (Park *et al.*, 2014). Selain dapat memberikan sifat hidrofobik, PDMS yang dikompositkan dengan TiO₂ juga dapat bertindak sebagai *matriks* (pengikat) yang akan mengikat TiO₂ membentuk lapisan komposit (Sethy *et al.*, 2020) dan juga dapat bertindak sebagai agen pengikat untuk menahan partikel bersama-sama dan menempelkannya ke substrat, sehingga dapat memperkuat lapisan komposit di substrat kain (Hickman *et al.*, 2018).

Modifikasi TiO₂ dengan PDMS menjadi material komposit dapat digunakan sebagai pelapis pada kain katun. Pelapisan komposit TiO₂/PDMS pada kain katun dapat membuat kain katun memiliki permukaan yang bersifat antibakteri dan hidrofobik atau tidak mudah basah, sehingga kain katun akan lebih tahan terhadap kontaminan yang mengenainya. Pelapisan komposit TiO₂/PDMS pada kain katun dapat dilakukan dengan berbagai metode pelapisan, salah satunya adalah metode pelapisan dengan pencelupan. Pelapisan dengan metode pencelupan sering digunakan karena prosesnya mudah atau cukup sederhana dan prosesnya cepat dalam membentuk lapisan tipis pada permukaan substrat (Mahltig *et al.*, 2005).

Metode

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas (pyrex), pipet tetes, pipet volume, spatula *stainless steel*, cawan petri, batang pengaduk, neraca analitik, sonikator, oven, *magnetic stirrer*, *hot plate*, Spektrometer FTIR (PerkinElmer Spectrum 100), XRD (*X-Ray Diffraction*) (Shimadzu), dan kamera DSLR (Canon 1300D).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Titanium dioksida (TiO₂) (sintetis), *polydimethylsiloxane* (PDMS) (Merck), pelarut Tetrahidrofuran (99,8%, Merck), n-heksana (95%, Merck), alkohol teknis, akuades, kain katun ukuran 1x1 cm, media EMBA (*Eosin Methylene Blue Agar*) dan bakteri *Staphylococcus aureus*.

Sintesis komposit TiO₂/PDMS menggunakan metode sonikasi. Sintesis komposit TiO₂/PDMS diawali dengan mendispersikan serbuk TiO₂ dalam 5 mL larutan tetrahidrofuran (THF). Kemudian ditambahkan PDMS dengan perbandingan massa (b/b) TiO₂ dan PDMS yang dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya, campuran disonikasi selama 40 menit. Komposit yang terbentuk distirrer sampai THF menguap sempurna lalu dikarakterisasi dengan FTIR. Selanjutnya komposit TiO₂/PDMS didispersikan ke dalam 15 mL heksana dan ditambahkan 0,3 g PDMS (sebagai *binder*), campuran disonikasi selama 20 menit. Kemudian, distirrer secara konstan selama 30 menit (Peng *et al.*, 2019).

Pelapisan komposit pada kain katun dilakukan menggunakan metode pencelupan. Kain katun dicelupkan ke dalam komposit TiO₂/PDMS sampai semua bagian kain terendam selama 10 menit kemudian diangkat dan dikeringkan sampai kain katun agak kering selama 5 menit. Pencelupan kain ke dalam komposit TiO₂/PDMS dilakukan sebanyak 4 kali. Selanjutnya, kain terlapisi komposit TiO₂/PDMS dikeringkan dalam oven pada temperatur 90°C selama 30 menit (Ortelli *et al.*, 2015).

Tabel 1. Perbandingan Massa (b/b) TiO₂ dan PDMS

Perbandingan (TiO ₂ : PDMS)	Massa TiO ₂ (g)	Massa PDMS (g)
1 : 1	0,2	0,2
1 : 2	0,2	0,4
2 : 1	0,4	0,2

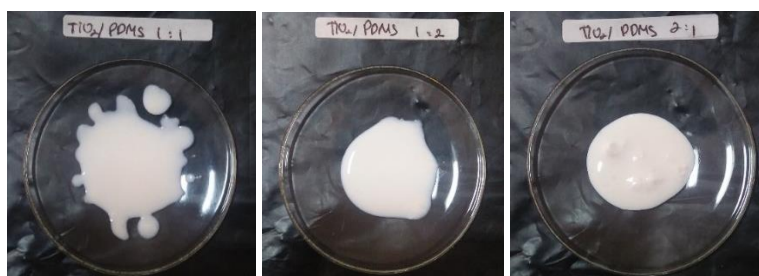
Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi agar. Pengujian dilakukan dengan cara, 20 mL media EMBA dituangkan ke dalam cawan petri, lalu didiamkan sampai media memadat. Kemudian diambil kultur bakteri *S. aureus* menggunakan jarum ose lalu ditanamkan pada media EMBA dengan cara menggores. Selanjutnya, kain katun yang telah dilapisi komposit TiO₂/PDMS, kain katun terlapis PDMS, dan paper disk yang telah dicelupkan dengan TiO₂ diletakkan diatas permukaan media EMBA secara aseptik, diberi perlakuan dengan penyinaran UV selama 45 menit dan tanpa penyinaran. Kemudian, cawan petri ditutup dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam pada posisi cawan petri terbalik. Pengujian dilakukan secara duplo. Diamati dan diukur zona bening di sekitar kain yang menunjukkan zona hambat terhadap pertumbuhan bakteri.

Pengukuran sudut kontak dilakukan dengan cara meneteskan air dari ketinggian 2 cm di atas permukaan substrat menggunakan alat suntik. Tetesan air di atas permukaan substrat difoto dari depan menggunakan kamera DSLR dengan pengaturan kontras, cahaya, dan fokus yang sudah disesuaikan. Selanjutnya hasil foto diolah dengan menggunakan software *ImageJ*. Pengukuran sudut kontak tersebut dapat dilakukan berkali-kali (Putri *et al.*, 2018).

Hasil dan Pembahasan

Sintesis Komposit TiO₂/PDMS

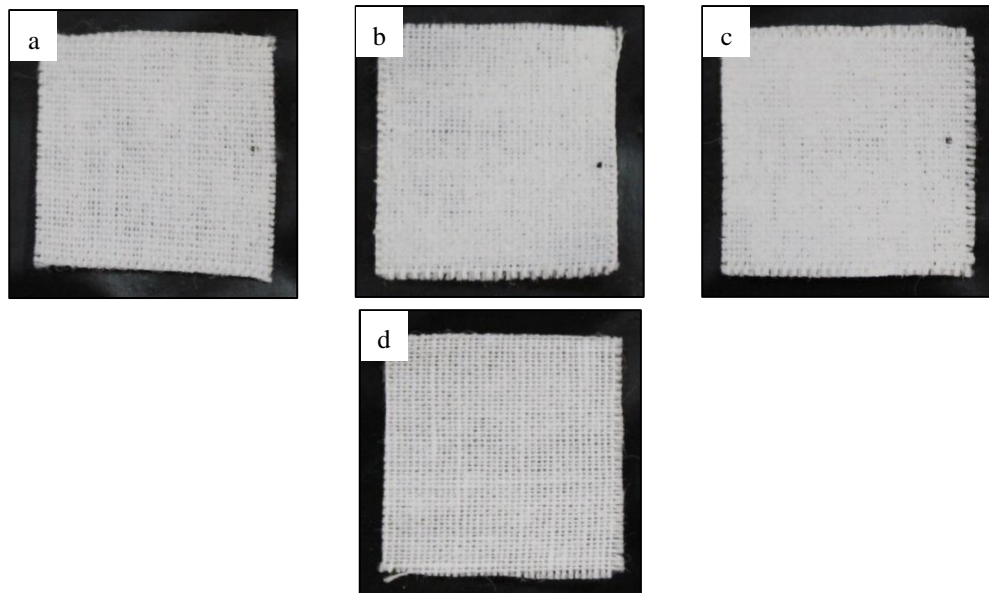
Sintesis komposit TiO₂/PDMS dilakukan dengan menggunakan metode sonikasi dan menggunakan bantuan pelarut tetrahidrofuran (THF). Pelarut tetrahidrofuran berfungsi untuk melarutkan PDMS agar PDMS dapat mengikat TiO₂. PDMS bertindak sebagai *matriks* (pengikat) yang akan mengikat TiO₂ dan membentuk lapisan komposit. Komposit TiO₂/PDMS yang dihasilkan berbentuk *slurry* berwarna putih dan memiliki tekstur seperti PDMS. Hasil sintesis komposit TiO₂/PDMS dapat dilihat pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Hasil Sintesis Komposit TiO₂/PDMS

Komposit yang didispersikan ke dalam pelarut n-heksana dapat tercampur dengan baik, homogen dan stabil, sehingga dapat mempermudah proses pelapisan pada kain katun. Penambahan PDMS bertujuan untuk menempelkan komposit TiO₂/PDMS pada permukaan kain katun, karena PDMS dapat bertindak sebagai *binder* atau pengikat sehingga dapat memperkuat lapisan komposit pada permukaan kain katun. Peng *et al.*, (2019), melaporkan hasil sintesis yang hampir sama yaitu komposit berwarna putih dan dapat tercampur dengan baik, homogen dan stabil dalam pelarut n-heksana.

Pelapisan Komposit TiO₂/PDMS pada Kain Katun

Pelapisan komposit TiO₂/PDMS dilakukan dengan metode pencelupan. Metode pencelupan merupakan salah satu metode pelapisan sederhana. Metode ini dapat digunakan untuk melapisi substrat dengan bentuk yang kompleks. Larutan komposit yang melekat pada kain katun akan membentuk lapisan tipis pada permukaan kain. Lapisan tipis terbentuk karena pelarut n-heksana akan menguap dan sebagian larutan akan turun karena adanya gaya gravitasi. Kain katun yang telah terlapis komposit TiO₂/PDMS kemudian dikeringkan agar lapisan yang terbentuk melekat dan kering. Hasil pelapisan komposit TiO₂/PDMS pada kain katun dapat dilihat pada Gambar 2.

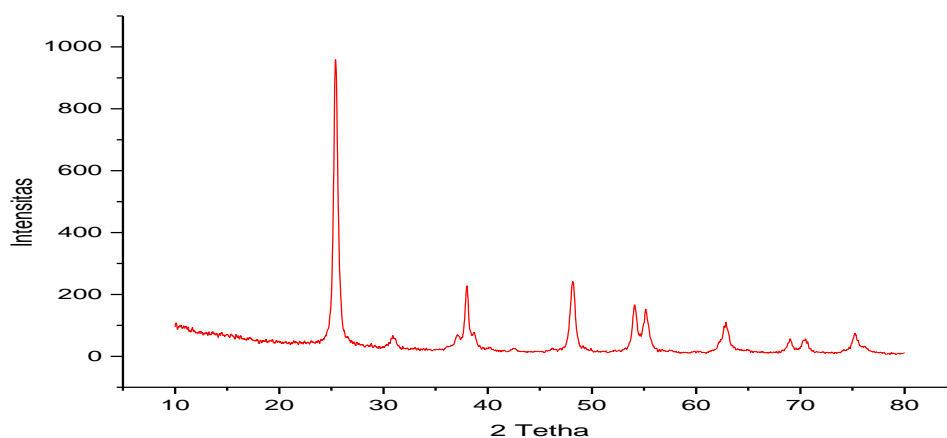


Gambar 2. Kain Katun Terlapis Komposit TiO₂/PDMS (a) 1:1 (b) 1:2 (c) 2:1 (d) Kain Katun Tanpa Pelapisan

Berdasarkan Gambar 2 hasil pelapisan komposit TiO₂/PDMS pada kain katun tidak terlihat perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan kain katun tanpa pelapisan. Namun perbedaan hasil pelapisan komposit TiO₂/PDMS pada kain katun dapat dianalisis secara visual dengan pengamatan secara langsung yang menunjukkan bahwa pada kain katun terlapis komposit TiO₂/PDMS terlihat lebih kasar dan rongga pada kain katun lebih tertutup jika dibandingkan dengan kain katun tanpa pelapisan. Permukaan yang kasar diakibatkan adanya interaksi antara serat kain dengan komposit TiO₂/PDMS. Kain katun terlapis komposit TiO₂/PDMS juga sedikit lebih kaku dibandingkan dengan kain katun yang tidak terlapis komposit. Hasil pengamatan juga menunjukkan pada kain katun terlapis komposit TiO₂/PDMS dengan perbandingan 2:1 terlihat hampir semua rongga kain tertutup dan lebih kasar dibandingkan dengan kain katun terlapis komposit TiO₂/PDMS dengan perbandingan 1:1 dan 1:2. Saputro *et al.*, (2016) melaporkan bahwa kain katun yang terlapis komposit lebih kasar dan lebih kaku, karena adanya interaksi antara serat katun dengan komposit.

Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)

TiO₂ dikarakterisasi dengan menggunakan instrumen XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui fase kristal, kristalinitas, ukuran kristalit, dan koefisien tekstural.



Gambar 3. Difraktogram XRD TiO₂

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat tiga puncak utama dengan intensitas tertinggi memiliki nilai $2\theta = 25,37; 38,02$ dan $48,18$. Data hasil analisis XRD TiO_2 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Karakterisasi XRD TiO_2

Kode Sampel	2θ	θ	FWHM (rad)	Ukuran Kristalit (nm)	Rata-rata Ukuran Kristalit (nm)
TiO_2	25,37	12,68	0,0055	26,82	31,24
	38,02	19,01	0,0048	31,85	
	48,18	24,09	0,0062	25,66	
	54,10	27,05	0,0055	29,59	
	55,16	27,58	0,0034	47,56	
	62,79	31,40	0,0096	17,64	
	75,25	37,62	0,0041	39,59	

Hasil analisis XRD pada Tabel 2 menunjukkan puncak-puncak difraktogram TiO_2 yang muncul pada $2\theta = 25,37; 38,02; 48,18; 54,10; 55,16; 62,7; 75,25$. Dapat diketahui dari hasil tersebut bahwa sifat dari sampel padatan TiO_2 adalah kristalin yaitu ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak yang cenderung meruncing pada sudut 2θ .

Hasil analisis XRD tersebut juga menunjukkan pola-pola difraksi sifat kristalin TiO_2 yang memiliki fase anatase. Hal ini sesuai dengan difraktogram standar atau JCPDS (*Joint comminite on powder diffraction standards*) No. 84-1286. Hasil analisis menunjukkan bahwa TiO_2 dominan mengandung fase anatase pada sudut $2\theta = 25,37$ dan $48,18$. Thamaphat *et al.*, (2008) menyatakan puncak difraksi yang kuat pada sudut $2\theta = 25$ dan 48 menunjukkan TiO_2 dalam fase anatase sesuai dengan JCPDS No. 84-1286. El-Sherbiny *et al.*, (2014) juga melaporkan hasil yang hampir sama yaitu $2\theta = 25,30; 37,78; 47,88; 54,50$ dan $63,32$ merupakan puncak difraksi struktur kristal TiO_2 fase anatase yang didasarkan pada JCPDS No. 84-1286. Selain untuk mengetahui fase dan kristalinitas TiO_2 , hasil analisis XRD juga dapat digunakan untuk mengetahui ukuran kristalit TiO_2 . Perhitungan ukuran kristalit menggunakan persamaan *Debye-Scherrer*. Hasil perhitungan rata-rata didapatkan ukuran kristalit TiO_2 adalah $31,24$ nm.

Analisis lebih lanjut dari data hasil XRD dapat digunakan menentukan tekstur atau morfologi dari serbuk TiO_2 dengan menentukan nilai koefisien tekstural (Tc). Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Tekstural TiO_2

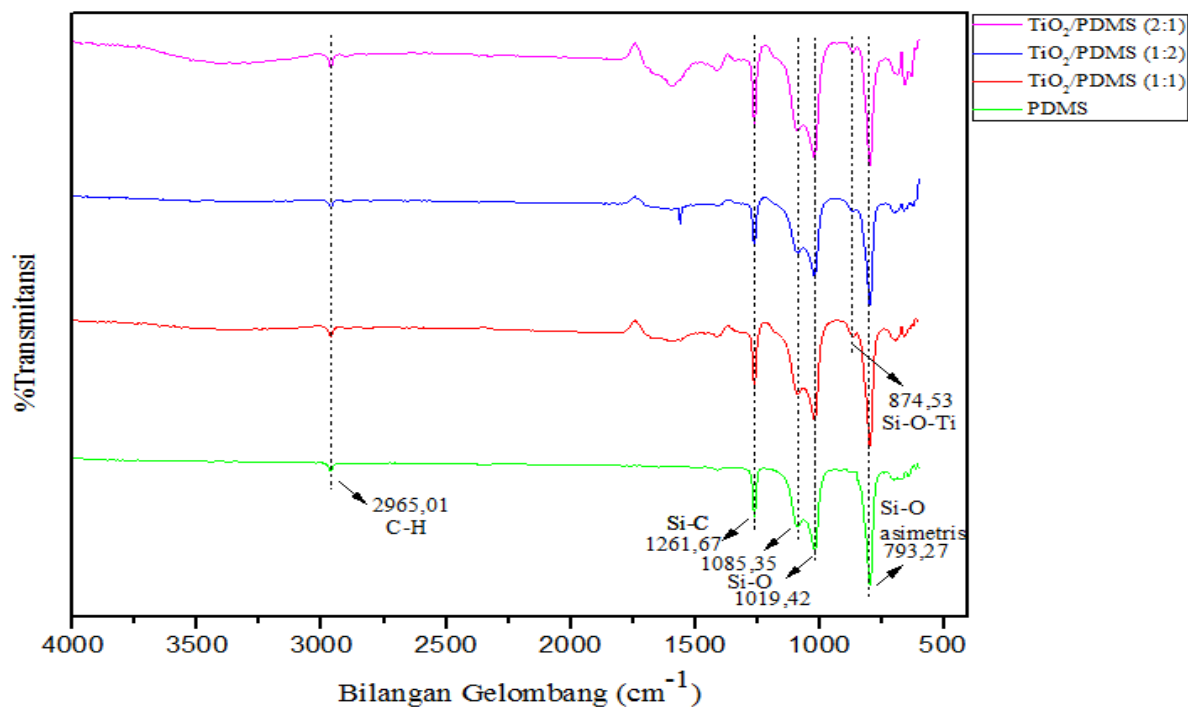
hkl	2θ	D(A)	I(hkl)	Ir(hkl)	I/Ir	Tc(hkl)
101	25,37	3,51	45,00	45,00	1,00	1,00
004	38,02	2,37	17,15	11,49	1,49	1,49
200	48,18	1,89	18,71	17,94	1,04	1,04
105	54,10	1,70	10,45	7,99	1,31	1,31
211	55,16	1,67	8,99	7,66	1,17	1,17
204	62,79	1,48	2,31	3,61	0,64	0,64
215	75,25	1,26	2,29	5,98	0,38	0,38
Rata-rata Nilai Koefisien Tekstural						1,01

Berdasarkan pada Tabel 3 puncak difraksi dari TiO_2 memiliki nilai koefisien tekstural yang lebih besar dari 1 pada bidang (004), (200), (105), dan (211). Nilai koefisien tekstural tertinggi pada bidang (004) yaitu 1,49 dan rata-rata nilai koefisien tekstural sebesar 1,01. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan TiO_2 ke satu orientasi (Hafez *et al.*, 2014). Berdasarkan nilai koefisien tekstural juga dapat diketahui morfologi dari serbuk TiO_2 , menurut Navaladian *et al.*, (2009) nilai Tc (hkl) yang lebih dari 1 menunjukkan bahwa partikel berbentuk anisotropik (*non-spherical*). Menurut Chang *et al.*, (2012) nanorod merupakan morfologi yang berbentuk anisotropik. Selain itu, morfologi TiO_2 berbentuk nanorod (anisotropik) juga ditunjukkan dengan nilai koefisien tekstural pada bidang (hkl) (004) dan (200) yang memiliki nilai lebih dari 1 (Yang *et al.*, 2014). Nilai koefisien tekstural yang lebih dari 1 juga menandakan bahwa pertumbuhan TiO_2 nanorod mengarah ke satu orientasi artinya pertumbuhan kristal memanjang ke satu arah tertentu.

Karakterisasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Hasil sintesis komposit TiO_2/PDMS dikarakterisasi menggunakan instrumen spektrometer FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa dengan mendeteksi gugus fungsi pada sampel komposit

TiO₂/PDMS. Spektra IR untuk sampel komposit TiO₂/PDMS dengan variasi perbandingan TiO₂/PDMS dan Spektra IR PDMS dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektra IR PDMS dan Komposit TiO₂/PDMS

Berdasarkan Gambar 4 diketahui adanya serapan pada bilangan gelombang 2965,01 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi ulur C–H dari CH₃ dan serapan pada bilangan gelombang 1261,67 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur Si–C dari Si–CH₃. Gugus siloksan (Si–O–Si) terlihat jelas pada bilangan gelombang 1085,35 cm⁻¹ dan 1019,42 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur Si–O. Keberadaan gugus siloksan (Si–O–Si) diperkuat dengan munculnya puncak pada bilangan gelombang 793,27 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur asimetris Si–O dari Si–O–Si. Vibrasi Si–O–Ti terlihat cukup jelas pada bilangan gelombang 874,53 cm⁻¹, ikatan ini sebelumnya tidak terdapat pada spektra IR PDMS. Hasil analisis juga menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang 3500-3300 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi ulur –OH dari Ti–OH (Wahyuni *et al.*, 2017), vibrasi ini terlihat cukup jelas pada spektra IR TiO₂/PDMS (2:1). Adanya ikatan –OH dapat disebabkan karena pengaruh kalsinasi dan pemanasan pada saat sintesis TiO₂. Karakterisasi menggunakan FTIR telah menunjukkan adanya ikatan antara TiO₂/PDMS yang mengindikasikan bahwa telah terbentuknya komposit TiO₂/PDMS.

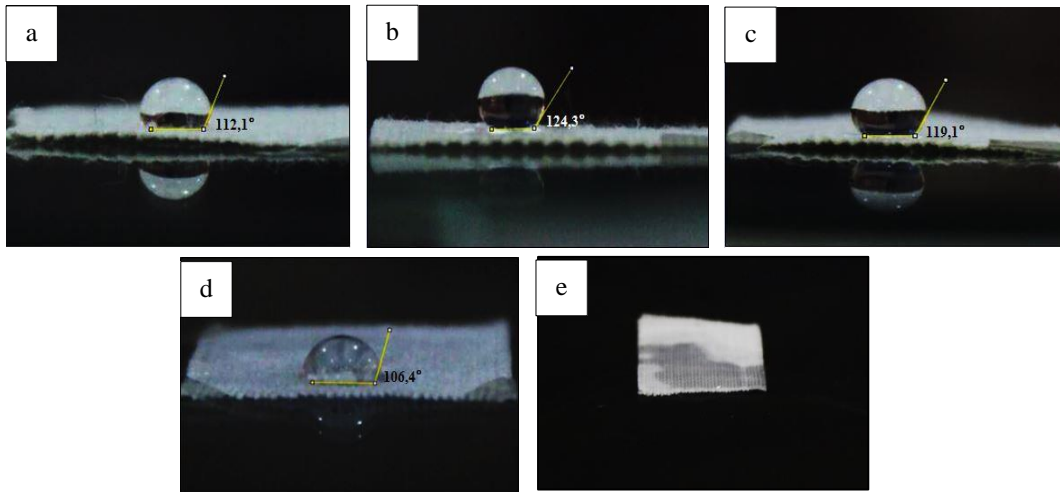
Pengukuran Sudut Kontak

Pengukuran sudut kontak ini untuk mengetahui sifat hidrofobik pada permukaan kain. Hidrofobisitas suatu permukaan dapat ditentukan berdasarkan besarnya sudut kontak (*water contact angle*). Hasil sudut kontak untuk semua sampel dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil pengambilan gambar pengukuran sudut kontak ditunjukkan pada Gambar 5 berikut ini.

Berdasarkan data pada Tabel 4 hasil pengukuran sudut kontak terbesar pada kain terlapis TiO₂/PDMS perbandingan 1:2 yaitu 124,3° dan sudut kontak terkecil pada kain terlapis TiO₂/PDMS perbandingan 1:1 yaitu 112,1°. Menurut Putri *et al.*, (2018) permukaan yang bersifat hidrofobik memiliki sudut kontak diatas 90°. Hal ini menunjukkan bahwa kain terlapis komposit TiO₂/PDMS memiliki permukaan yang bersifat hidrofobik atau tahan terhadap tetesan air, sehingga dapat mengurangi kelembaban yang dapat mencegah tumbuhnya bakteri pada kain.

Berdasarkan hasil pengukuran sudut kontak dapat dilihat bahwa adanya penambahan PDMS yang semakin banyak, menyebabkan ukuran sudut kontak yang semakin besar. Hal ini disebabkan oleh adanya ikatan Si-O-Si pada PDMS yang memberikan sifat hidrofobik. Selain itu, penambahan TiO₂ juga dapat memberikan sifat hidrofobik pada permukaan kain katun yang menyebabkan meningkatnya ukuran sudut kontak. Menurut Sulistyono *et al.*, (2020) TiO₂ memiliki sifat hidrofobik sesuai dengan struktur atau morfologinya. Oleh karena itu, permukaan hidrofobik pada kain terlapis komposit TiO₂/PDMS dapat

disebabkan oleh kombinasi peningkatan kekasaran oleh struktur TiO₂ dan penurunan energi permukaan oleh PDMS (Wang *et al.*, 2014). Bhushan *et al.*, (2009) menyimpulkan bahwa sifat hidrofobik dipengaruhi oleh faktor kekasaran permukaan dan sudut kontak air.



Gambar 5. Foto Hasil Pengujian Hidrofobisitas Kain Katun Terlapis Komposit TiO₂/PDMS (a) 1:1 (b) 1:2 (c) 2: (d) PDMS (e) tanpa TiO₂/PDMS

Tabel 4. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Tanpa Penyinaran

Perbandingan	Massa TiO ₂ (gram)	Massa PDMS (gram)	Rata-rata Sudut Kontak (°)
1 : 1	0,2	0,2	112,1
1 : 2	0,2	0,4	124,3
2 : 1	0,4	0,2	119,1
PDMS	-	0,4	106,4

Uji Aktivitas Antibakteri Kain Katun Terlapis Komposit TiO₂/PDMS

Aktivitas penghambatan komposit terhadap pertumbuhan bakteri diukur berdasarkan diameter zona bening yang terbentuk di sekitar *paperdisk* atau kain katun. Pengukuran zona bening dilakukan dengan perlakuan disinari UV dan tidak disinari UV. Adapun nilai daya hambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Zona Bening PDMS, TiO₂, Kain Terlapis Komposit TiO₂/PDMS

Kode sampel	Zona Bening (mm)	
	Tanpa Penyinaran UV	Penyinaran UV
PDMS	0	0
TiO ₂	8	10
TiO ₂ /PDMS 1:1	4	7
TiO ₂ /PDMS 1:2	5	7
TiO ₂ /PDMS 2:1	7	8

Berdasarkan data pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa PDMS tidak memiliki sifat antibakteri sehingga pada komposit TiO₂/PDMS, PDMS hanya bertindak sebagai matriks atau pengikat dan memberikan sifat hidrofobik. Diameter zona bening terbesar pada kain terlapis komposit ditunjukkan pada kain terlapis komposit TiO₂/PDMS dengan perbandingan 2:1. Semakin besar penambahan TiO₂, semakin besar pula daya hambat terhadap bakteri.

Berdasarkan data pada Tabel 5 juga menunjukkan daya hambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* terhadap TiO₂ dan kain terlapis komposit yang diberi perlakuan penyinaran UV memiliki diameter zona bening yang lebih besar dibandingkan dengan daya hambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* terhadap TiO₂ dan kain terlapis komposit yang tidak diberi perlakuan penyinaran UV. Hal ini dikarenakan TiO₂ memiliki kemampuan mengoksidasi yang kuat dan aktivitas fotokatalitik. Reaksi fotokatalitik TiO₂ akan menghasilkan radikal hidroksil (•OH) yang merupakan spesies yang sangat reaktif yang dapat menghancurkan membran sel bakteri dan menyebabkan lisis pada dinding sel bakteri. Sehingga bakteri akan mengalami kematian dan terdekomposisi dengan sendirinya. Xing *et al.*, (2012) melaporkan bahwa dengan jumlah nanopartikel TiO₂

yang sama, rasio daya hambat bakteri *S. aureus* terhadap film TiO₂ yang diiradiasi UV meningkat secara signifikan dibandingkan dengan daya hambat film TiO₂ tanpa iradiasi UV.

Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan kain katun terlapis komposit memiliki sifat hidrofobik dan sifat antibakteri. Hasil uji hidrofobik dengan pengukuran sudut kontak air pada komposit TiO₂/PDMS yang terlapis pada kain katun menunjukkan kain katun terlapis komposit TiO₂/PDMS memiliki sifat hidrofobik atau tidak mudah basah. Sudut kontak terbesar dihasilkan oleh kain katun terlapis komposit TiO₂/PDMS perbandingan 1:2. Perbandingan massa dengan jumlah PDMS yang lebih banyak menunjukkan nilai sudut kontak yang lebih besar. Hasil uji aktivitas antibakteri pada komposit TiO₂/PDMS yang terlapis pada kain katun menunjukkan bahwa komposit TiO₂/PDMS memiliki daya hambat terhadap bakteri *S. aureus*. Daya hambat komposit terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus* tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada masing-masing perbandingan massa komposit. Daya hambat terbesar dihasilkan oleh kain katun terlapis komposit TiO₂/PDMS perbandingan 2:1. Perbandingan massa dengan jumlah TiO₂ yang lebih banyak memiliki daya hambat yang lebih besar. Daya hambat komposit terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus* dipengaruhi oleh pemberian sinar UV yang menunjukkan bahwa daya hambat yang diberi perlakuan penyinaran UV memiliki diameter zona bening yang lebih besar.

Daftar Referensi

- Bhushan, B., Jung, Y. C., & 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. <https://doi.org/10.1098/rsta.2009.0014>
- El-Sherbiny, S., Morsy, F., Samir, M., & Fouad, O. A. 2014. Synthesis, Characterization and Application of TiO₂ Nanopowders as Special Paper Coating Pigment. *Applied Nanoscience (Switzerland)*, 4(3): 305–313. <https://doi.org/10.1007/s13204-013-0196-y>
- Ghows, N., & Entezari, M. H. 2010. Ultrasound with Low Intensity Assisted the Synthesis of Nanocrystalline TiO₂ without Calcination. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17(5): 878–883. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.03.010>
- Hickman, R., Walker, E., & Chowdhury, S. 2018. TiO₂-PDMS Composite Sponge for Adsorption and Solar Mediated Photodegradation of Dye Pollutants. *Journal of Water Process Engineering*, 24: 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.05.015>
- Ortelli, S., Costa, A. L., & Dondi, M. 2015. TiO₂ nanosols Applied Directly on Textiles using Different Purification Treatments. *Materials*, 8(11): 7988–7996. <https://doi.org/10.3390/ma8115437>
- Park, E. J., Cho, Y. K., Kim, D. H., Jeong, M. G., Kim, Y. H., & Kim, Y. D. 2014. Hydrophobic Polydimethylsiloxane (PDMS) Coating of Mesoporous Silica and its use as a Preconcentrating Agent of Gas Analytes. *Langmuir*, 30(34): 10256–10262. <https://doi.org/10.1021/la502915r>
- Peng, S., Meng, W., Guo, J., Wang, B., Wang, Z., Xu, N., Li, X., Wang, J., & Xu, J. 2019. Photocatalytically Stable Superhydrophobic and Translucent Coatings Generated from PDMS-Grafted-SiO₂ /TiO₂ @PDMS with Multiple Applications. *Langmuir*, 35(7): 2760–2771.
- Putri, T. A., Ratnawulan, & Ramli. 2018. Sintesis Lapisan Hydrophobic Nanokomposit Mangan Oksida/Polystyrene (MnO₂/PS) untuk Aplikasi Self Cleaning. *Pillar of Physics*, 11(2): 1–8.
- Riaz, S., Ashraf, M., Hussain, T., Hussain, M. T., & Younus, A. 2019. Fabrication of Robust Multifaceted Textiles by Application of Functionalized TiO₂ Nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 581: 123799. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.123799>
- Rozani, A., & Dahlan, D. 2016. Elektrodeposisi Lapisan Kromium dicampur TiO₂ untuk Aplikasi Lapisan Self Cleaning. *Jurnal Fisika Unand*, 5(4): 345–350. <https://doi.org/10.25077/jfu.5.4.345-350.2016>
- Saputro, A. N. C., Nurhayati, N. D., Mulyani, B., Ishartono, B., & Izza, H. N. 2016. Synthesis of Chitosan/TiO₂ Composite and its Coating on Surface of Textile Substrate. *Molekul*, 11(2): 265–274.
- Sethy, N. K., Arif, Z., Mishra, P. K., & Kumar, P. 2020. Nanocomposite Film with Green Synthesized TiO₂ Nanoparticles and Hydrophobic Polydimethylsiloxane Polymer: Synthesis, Characterization, and

- Antibacterial Test. *Journal of Polymer Engineering*, 40(3): 211–220. <https://doi.org/10.1515/polyeng-2019-0257>
- Sulistiyono, A., Wahyuni, S., & Kasmui. 2020. Sintesis dan Karakterisasi TiO₂(Nanorod)-SiO₂ dan Aplikasinya dalam Cat Akrilik. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 4(3): 66–71.
- Syafiq, A., Vengadaesvaran, B., Rahim, N. A., Pandey, A. K., Bushroa, A. R., Ramesh, K., & Ramesh, S. 2019. Transparent self-cleaning coating of modified polydimethylsiloxane (PDMS) for real outdoor application. *Progress in Organic Coatings*, 131: 232–239.
- Thamaphat, K., Limsuwan, P., & Ngotawornchai, B. 2008. Phase Characterization of TiO₂ Powder by XRD and TEM. *Kasetsart J.(Nat. Sci.)*, 42(5): 357–361.
- Wahyuni, S., Kunarti, E. S., Swasono, R. T., & Kartini, I. 2017. Study on the Properties and Photoactivity of TiO₂ (nanorod)-SiO₂ Synthesized by Sonication Technique. *Oriental Journal of Chemistry*, 33(1): 249–257. <https://doi.org/10.13005/ojc/330129>
- Wang, Y., Li, B., Liu, T., Xu, C., & Ge, Z. 2014. Controllable Fabrication of Superhydrophobic TiO₂ Coating with Improved Transparency and Thermostability. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 441: 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.09.023>
- Xing, Y., Li, X., Zhang, L., Xu, Q., Che, Z., Li, W., Bai, Y., & Li, K. 2012. Effect of TiO₂ Nanoparticles on the Antibacterial and Physical Properties of Polyethylene-Based Film. *Progress in Organic Coatings*, 73(2–3): 219–224.
- Zhu, Z., Zhou, F., Zhan, S., Tian, Y., & He, Q. 2018. Study on the Bactericidal Performance of Graphene/TiO₂ Composite Photocatalyst in the Coating of PEVE. *Applied Surface Science*, 430: 116–124.