



Pelapisan Komposit TiO₂-SiO₂ pada Kain Poliester dengan Metode *Dip Coating* pada Pembuatan Masker Hidrofobik Antivirus

(TiO₂-SiO₂ Composite Coating on Polyester Fabrics using Dip Coating Method for Antivirus Hydrophobic Mask Fabrication)

Rifky Adhia Pratama, Yuni Nurhayati, Dea Fauziah Fitri, Ahlam Nauval Mahendra,
Kiagus Ahmad Mirza Azuri, Diana Rakhmawaty Eddy*

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21, Sumedang, 45363, Indonesia

*Corresponding author: diana.rakhmawati@unpad.ac.id

DOI: 10.20961/alchemy.18.1.55003.95-102

Received 13 September 2021, Accepted 16 January 2022, Published 01 March 2022

Kata kunci:

abu sekam padi;
antivirus;
hidrofobik;
komposit;
sol-gel.

ABSTRAK. Penelusuran potensi komposit TiO₂-SiO₂ (sumber silika dari abu sekam padi) sebagai material *coating* untuk pembuatan masker kain yang hidrofobik dan memiliki sifat antivirus merupakan tujuan utama dalam penelitian ini. Metode yang digunakan untuk sintesis komposit TiO₂-SiO₂ adalah metode sol-gel. Adapun proses *coating* dilakukan dengan metode *dip coating*. Hasil karakterisasi PSA menyatakan bahwa rata-rata ukuran partikel silika dari abu sekam padi yang terbentuk adalah 202,98 nm. Tipe kristal komposit TiO₂-SiO₂ yang terkonfirmasi XRD adalah campuran fase anatase dan *brookite*. Hasil SEM memperlihatkan bahwa komposit yang telah disintesis menempel kuat di serat-serat kain, yang mengindikasikan bahwa proses *coating* berjalan sempurna. Hasil pengujian sudut kontak menunjukkan bahwa kain hasil *coating* bersifat hidrofobik karena memiliki nilai sudut 110,4°. Suhu permukaan kain hasil *coating* yang dikarakterisasi dengan *thermal camera* menunjukkan hasil yang baik karena hanya dalam kurun waktu 10 menit iradiasi sinar UV-C, suhu permukaannya sudah melebihi 40 °C. Oleh karena itu, kain hasil *coating* memiliki potensi besar untuk diaplikasikan menjadi masker antivirus karena *receptor binding* motif dari protein *spike* SARS-CoV-2 mulai mengalami penutupan konformasi pada suhu 40 °C.

Keywords:

rice husk ash;
antiviral;
hydrophobic;
composite;
sol-gel.

ABSTRACT. Exploring the potential of TiO₂-SiO₂ composite (a silica source obtained from rice husk ash) as a *coating* material for the manufacture of hydrophobic and antiviral fabric masks is the main goal of this study. The sol-gel method is used in the manufacture of TiO₂-SiO₂ composites. The coating process is carried out using a dip coating method. The results of PSA characterization show that the average silica particle size formed was 202.98 nm. The XRD confirmed that the TiO₂-SiO₂ composite crystal type is a mixture of anatase and brookite phases. The SEM shows that the synthesized composite adheres strongly to the fabric fibers, indicating that the coating process runs perfectly because it is clearly seen. The results of the contact angle test show that the coated fabric is hydrophobic because it has an angle value of 110.4°. The surface temperature of the coated fabric characterized by a thermal camera shows good results because in just 10 minutes of UV-C irradiation, the surface temperature has exceeded 40 °C. Therefore, the coated fabric has a great potential to be applied as an antiviral mask because the receptor binding motif of the SARS-CoV-2 spike protein begins to undergo conformational closure at 40 °C.

PENDAHULUAN

Saat ini dunia masih digemparkan oleh keberadaan virus SARS-CoV-2 karena selain menginfeksi saluran pernapasan, virus yang pertama kali teridentifikasi di Kota Wuhan (Tiongkok) juga berpotensi menginfeksi sistem pencernaan, peredaran darah, urogenital, bahkan sistem saraf pusat (Zhou *et al.*, 2020). Oleh karena itu, potensi kematian akibat virus ini tidak bisa dianggap remeh. Terlebih lagi, virus ini dapat bertransmisi melalui *droplet* pernapasan (Zhang *et al.*, 2020). Keadaan semakin tidak terkendali saat virus ini bermutasi hingga beberapa varian yang kecepatan transmisinya lebih masif, sehingga menimbulkan kenaikan kasus positif di berbagai negara. Bervariasinya jenis mutasi SARS-CoV-2 hingga varian *Omicron* menjadikan tantangan tersendiri bagi para

Cite this as: Pratama, R., Nurhayati, Y., Fitri, D., Mahendra, A., Azuri, K., & Eddy, D., 2022. Pelapisan Komposit TiO₂-SiO₂ pada Kain Poliester dengan Metode *Dip Coating* pada Pembuatan Masker Hidrofobik Antivirus. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 18(1), 95-102. <http://dx.doi.org/10.20961/alchemy.18.1.55003.95-102>.

peneliti hingga pemerintah untuk memodifikasi temuan hingga kebijakan dalam memutus rantai penyebaran COVID-19.

Pemakaian masker menjadi salah satu alternatif untuk memutus rantai penyebaran COVID-19. Namun, sangat disayangkan masker medis tidak dapat digunakan secara berulang. Hal ini tentunya akan mengancam kelestarian lingkungan, bahkan (Cordova *et al.*, 2021) menyebutkan bahwa sampah masker medis yang ditemukan di Sungai Cilincing dan Marunda adalah sebanyak 432 ± 68 per hari pada Bulan Maret 2020 dan 552 ± 102 per hari pada Bulan April 2020. Masker medis sekali pakai dibentuk dari beberapa polimer seperti *polypropylene*, *polyacrylonitrile*, *polystyrene*, *polycarbonate* dan *polyethylene* yang dapat terdegradasi menjadi polutan mikroplastik (Fadare and Okoffo, 2020). Oleh karena itu, diperlukan inovasi berupa pembuatan masker kain yang dapat mencegah penularan COVID-19 juga dapat digunakan kembali agar mencegah krisis lingkungan akibat polutan masker sekali pakai.

Temuan agen antivirus yang dapat menghambat aktivitas SARS-CoV-2 di permukaan masker kain masih menjadi tantangan bagi para peneliti. Saat diiradiasi dengan sinar ultraviolet, elektron dari partikel TiO₂ akan tereksitasi sehingga memicu pembentukan pasangan *electron hole* yaitu e⁻ dan h⁺. *Electron hole* h⁺ mampu mengatalisis proses oksidasi dan mengonversi molekul air/hidroksida menjadi peroksida/radikal hidroksil. Di saat yang sama, e⁻ (elektron) menginduksi reaksi reduksi dan bereaksi dengan oksigen yang lain untuk membentuk radikal superoksida. Terbentuknya spesi oksigen reaktif ini menjadikan nanopartikel TiO₂ memiliki kemampuan untuk mendeaktivasi virus dengan cara merusak pembungkus dan protein kapsid suatu virus. Pelapisan TiO₂ pada suatu kain memang telah banyak dilakukan, namun aplikasinya untuk aktivitas antibakteri (Doganli *et al.*, 2016; Zahid *et al.*, 2018). Namun, Souza *et al.* (2022) melakukan terobosan baru dengan mengamati aktivitas antivirus TiO₂ yang dilapiskan pada kain katun. Mereka melaporkan bahwa TiO₂ pada kain katun dapat mereduksi 90% virus MHV-3 (*Murine Coronavirus*).

Unsur kebaruan dalam penelitian ini adalah dengan mengkompositkan SiO₂ pada TiO₂ sebagai material *coating* untuk masker kain poliester. Preparasi komposit TiO₂-SiO₂ akan menciptakan keuntungan besar karena SiO₂ (silika) berperan dalam meningkatkan aktivitas fotokatalitik TiO₂ dan menurunkan toksisitasnya. Selain itu, silika juga memiliki stabilitas suhu yang sangat baik. Du *et al.* (2019) dalam temuannya mengungkapkan peran SiO₂ yang lain dalam bentuk kompositnya dengan TiO₂ yaitu dapat meningkatkan stabilitas termal, kekuatan mekanik material, serta mampu meningkatkan luas permukaan sisi aktif dari fotokatalis. Penelitian terbaru oleh Boutghatin *et al.* (2020) menunjukkan bahwa pelapisan SiO₂ pada membran kain polietilen dapat meningkatkan radiasi pemanasan membran. Hal ini menyiratkan bahwa partikel SiO₂ memiliki kemampuan untuk menyerap panas dengan baik. Kemampuan ini tentunya menambah nilai jual yang baik untuk diaplikasikan dalam material antivirus karena suhu yang tinggi dapat merusak RBM (*Ribosomal Binding Motif*) suatu virus (Rath and Kumar, 2020). Adapun proses pelapisan komposit TiO₂-SiO₂ pada kain poliester akan dilakukan dengan metode *dip coating* agar kompositnya dapat menempel dengan kuat pada serat-serat kain.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahap yang diawali dengan ekstraksi silika dari sekam padi, preparasi komposit TiO₂-SiO₂, proses *coating*, karakterisasi dan uji aktivitas antivirus kain hasil *coating*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gelas kimia yang umum digunakan, kit lampu sinar UV-C ($\lambda = 100 - 280$ nm), XRD (*X-Ray Diffractometer*) tipe Rigaku SmartLab, PSA (*Particle Size Analyzer*) tipe Horiba SZ 100, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) Hitachi SU3500 with EDAX Octane Pro, *thermography* FLIR E8 = XT dan alat ukur sudut kontak KYOWA DM-CE1. Adapun, bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekam padi, kain poliester, larutan natrium hidroksida 0,5 N, larutan asam klorida (37%) 1 N, TTIP (*titanium IV isopropoxide* 97%), dan amonium hidroksida 25% yang diperoleh dari Sigma-Aldrich.

Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi

Sekam padi dicuci terlebih dahulu agar terhindar dari pengotor kemudian dikeringkan di dalam oven suhu 110 °C selama 24 jam. Sebanyak 40 g sekam padi ditimbang dan dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 700 °C selama 4 jam untuk diperoleh abu sekam padi. Sebanyak 5 g abu sekam padi dimasukkan ke dalam larutan natrium hidroksida 0,5 N sambil dipanaskan untuk memperoleh larutan natrium silikat, kemudian larutan natrium silikat tersebut difiltrasi untuk memisahkan residu abu sekam padi dengan larutan natrium silikat. Setelah itu, larutan natrium silikat ditambahkan dengan beberapa mL larutan asam klorida 1 N sambil diaduk pada kecepatan konstan

dan suhu 60 °C hingga mencapai pH 7 (netral) untuk memperoleh campuran larutan silika dan NaCl. Campuran tersebut kemudian didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang untuk proses kondensasi hingga terbentuk gel silika.

Preparasi Komposit TiO₂-SiO₂

Preparasi komposit TiO₂-SiO₂ dilakukan dengan metode sol-gel. TTIP didispersikan pada gel silika dengan rasio massa Ti:Si adalah 4:9 dan ditambahkan 20 mL larutan amonium hidroksida (NH₄OH) 0,1 M untuk memperoleh komposit TiO₂-SiO₂. Komposit selanjutnya diaduk dengan kecepatan konstan selama 1 jam hingga terbentuk sol komposit TiO₂-SiO₂ yang homogen. Tahap selanjutnya yaitu evaporasi sol komposit TiO₂-SiO₂ untuk karakterisasi kemudian dikeringkan dan dikalsinasi selama 4 jam pada suhu 500 °C untuk diperoleh serbuk komposit TiO₂-SiO₂. Serbuk komposit TiO₂-SiO₂ yang telah dihasilkan dikarakterisasi dengan XRD untuk memperoleh data tipe kristal yang terbentuk beserta dengan rasio fasa kristalnya.

Pelapisan (*coating*)

Metode yang digunakan untuk pelapisan kain poliester dengan sol komposit TiO₂-SiO₂ adalah metode *dip coating* dengan tekanan yang dibuat konstan (5,5 bar). Kain direndam terlebih dahulu di dalam sol komposit, kemudian disimpan di atas corong Buchner besar untuk menyerap komposit hingga ke dalam serat-serat kain.

Karakterisasi dan Uji Aktivitas Antivirus Kain Hasil Pelapisan

Permukaan masker kain poliester yang telah dilapisi komposit TiO₂-SiO₂ dikarakterisasi dengan instrumen SEM untuk mengetahui morfologi permukaan kain poliester. Kain selanjutnya diuji tingkat hidrofobitasnya dengan alat ukur sudut kontak untuk memperoleh besaran sudut kontak. Selain itu, permukaan masker kain diamati pola citra suhu permukaannya dengan *thermal camera* untuk validasi aktivitas antivirus.

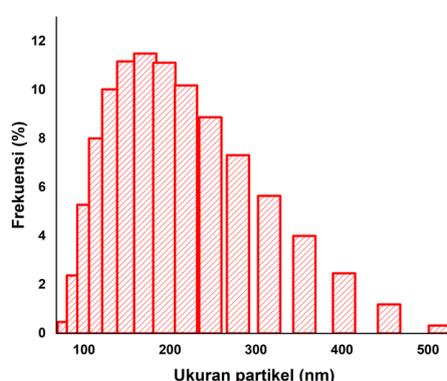
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembentukan dan Ukuran Partikel Silika dari Sekam Padi

Nanosilika pada penelitian ini disintesis dari abu sekam padi menggunakan metode sol-gel mengikuti prosedur yang telah dilakukan oleh (Fatimah *et al.*, 2015). Silika dalam abu sekam padi diekstraksi dengan larutan natrium hidroksida kemudian dikatalisis pembentukan silikanya dengan larutan asam klorida sesuai dengan [Persamaan \(1 dan 2\)](#). Silika yang diperoleh dalam bentuk gel, sehingga mudah untuk dikompositkan dengan prekursor TiO₂ melalui metode sol-gel kembali.



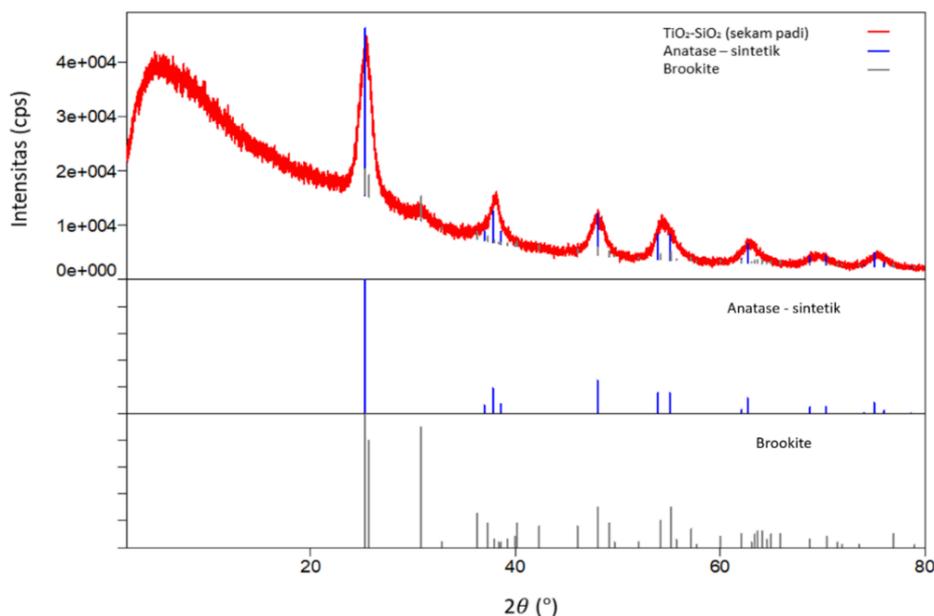
Ukuran partikel dalam nanomaterial merupakan aspek krusial yang sangat mempengaruhi fungsi dan aplikasinya. Untuk mengetahui ukuran dan distribusi ukuran partikel silika yang telah diekstrak dari sekam padi, maka dilakukan karakterisasi menggunakan instrumen PSA. [Gambar 1](#) adalah hasil karakterisasi dengan PSA. Rata-rata ukuran partikel silika yang telah diperoleh dari sekam padi berada pada nilai 202,98 nm dengan distribusi ukurannya berada pada rentang 82,33 – 513,71 nm. Total frekuensi silika yang berada pada skala nano adalah 2,847% dengan porsi 0,467% untuk ukuran 82,33 nm dan 2,38% untuk ukuran 93,02 nm.



Gambar 1. Hasil PSA silika dari sekam padi.

Tipe Kristal Komposit

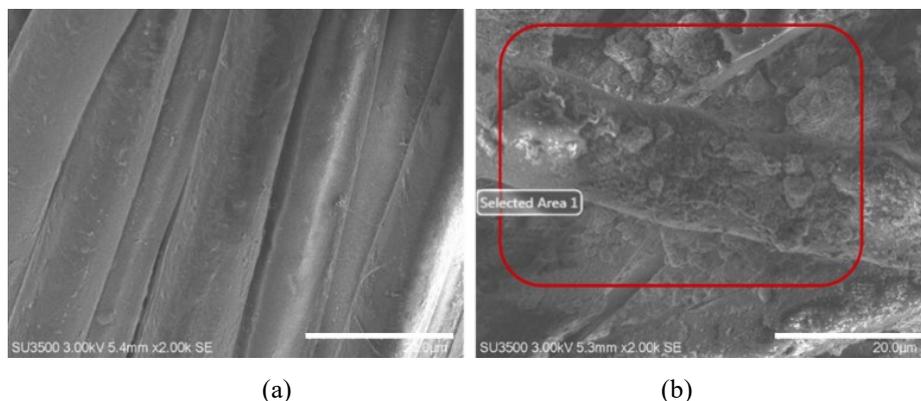
Tipe kristal menjadi salah satu parameter untuk menganalisis komposit yang telah dihasilkan baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Untuk mengidentifikasi tipe kristal yang terbentuk, maka dilakukan karakterisasi sampel dengan XRD (*X-Ray Diffractometer*). Pola difraksi XRD yang diperoleh dapat dilihat pada [Gambar 2](#). Hasil analisis kualitatif yang dapat diperoleh dari perbandingan pola difraksi XRD sampel terhadap pola difraksi standar anatase-sintetik (ICDD No. 01-084-1285) dan standar *brookite* (ICDD No. 00-016-0617) menyatakan bahwa tipe kristal komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ yang terbentuk adalah anatase dan *brookite* karena memiliki puncak-puncak di sudut 2 teta yang sama. Dari ketiga tipe kristal TiO_2 (anatase, *brookite*, dan *rutile*), tipe kristal anatase memiliki efektivitas paling tinggi sebagai agen fotokatalis. Proporsi masing-masing fasa anatase dan *brookite* dalam sampel dapat dianalisis lebih lanjut secara kuantitatif dengan menggunakan metode *Reference Intensity Ratio* (RIR). Hasil analisis kuantitatif menyatakan bahwa rasio berat (*weight ratio*) fasa anatase:*brookite* adalah 9:3.



Gambar 2. Pola difraksi XRD $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ (sekam padi).

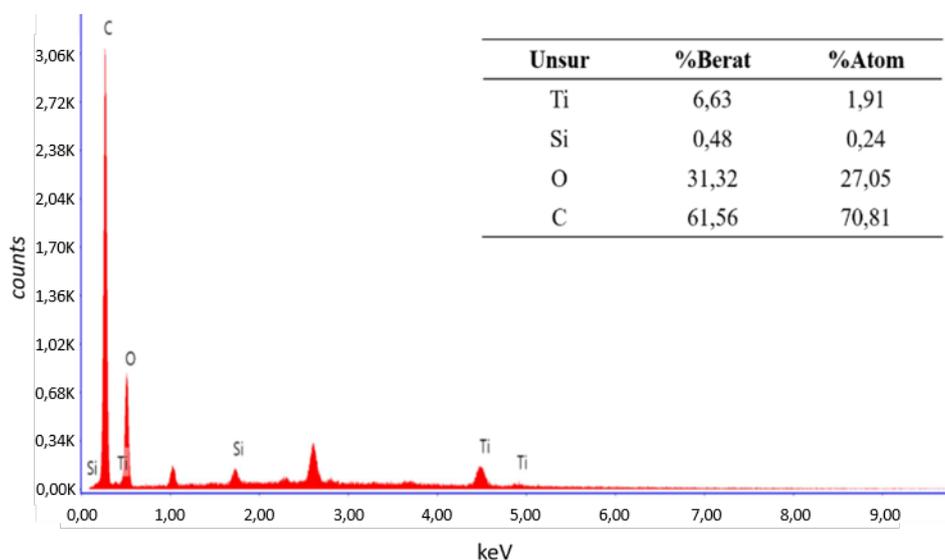
Morfologi Permukaan Kain Hasil Pelapisan

Keberhasilan pelapisan kain dengan komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ dapat dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Berdasarkan [Gambar 3](#), terlihat perbedaan antara kain poliester yang telah dilapisi komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ dengan kain poliester biasa. Komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ yang menempel kuat pada serat kain poliester menandakan bahwa proses *dip coating* berhasil dilakukan.



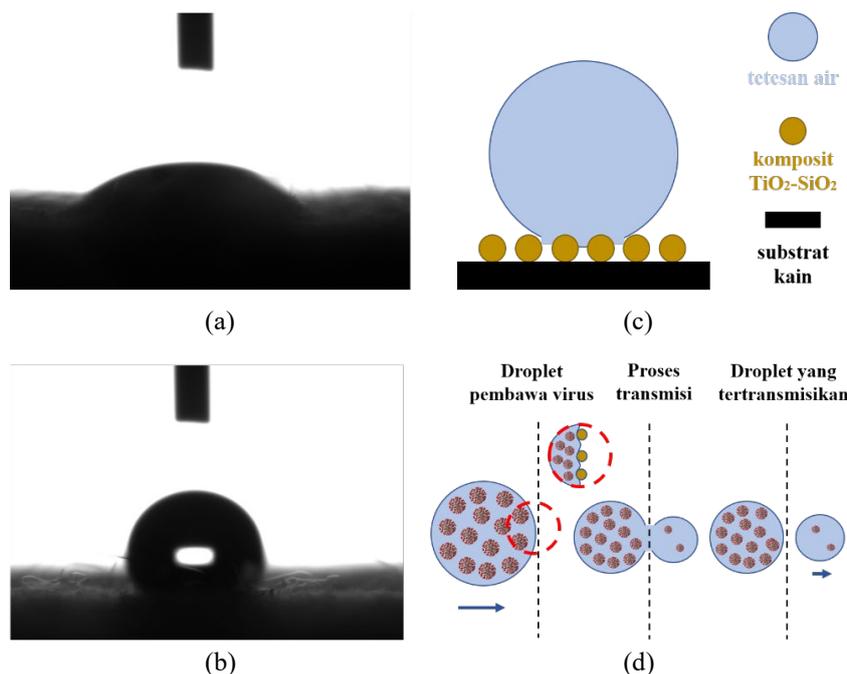
Gambar 3. Hasil karakterisasi SEM perbesaran 2.000 kali untuk (a) Kain poliester biasa, dan (b) Kain poliester yang telah dilapisi komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$.

Keberadaan unsur Ti, Si, dan O dalam komposit yang telah dilapiskan pada kain poliester berhasil teridentifikasi oleh EDS dengan proporsi persen berat dan persen atom yang dapat dilihat pada inset **Gambar 4**. Karbon yang terbaca pada EDS berasal dari serat-serat kain poliester sehingga proporsinya mendominasi daripada titanium, silikon, dan oksigen.



Gambar 4. Komposisi unsur pada permukaan kain poliester yang telah dilapisi komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$.

Hidrofobisitas



Gambar 5. Hasil pengukuran sudut kontak (a) Kain poliester biasa, (b) Kain poliester yang telah dilapisi komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, (c) Ilustrasi mekanisme pembentukan lapisan hidrofobisitas pada kain poliester yang telah dilapisi komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, dan (d) Mekanisme transmisi *droplet* pada kain hidrofobik.

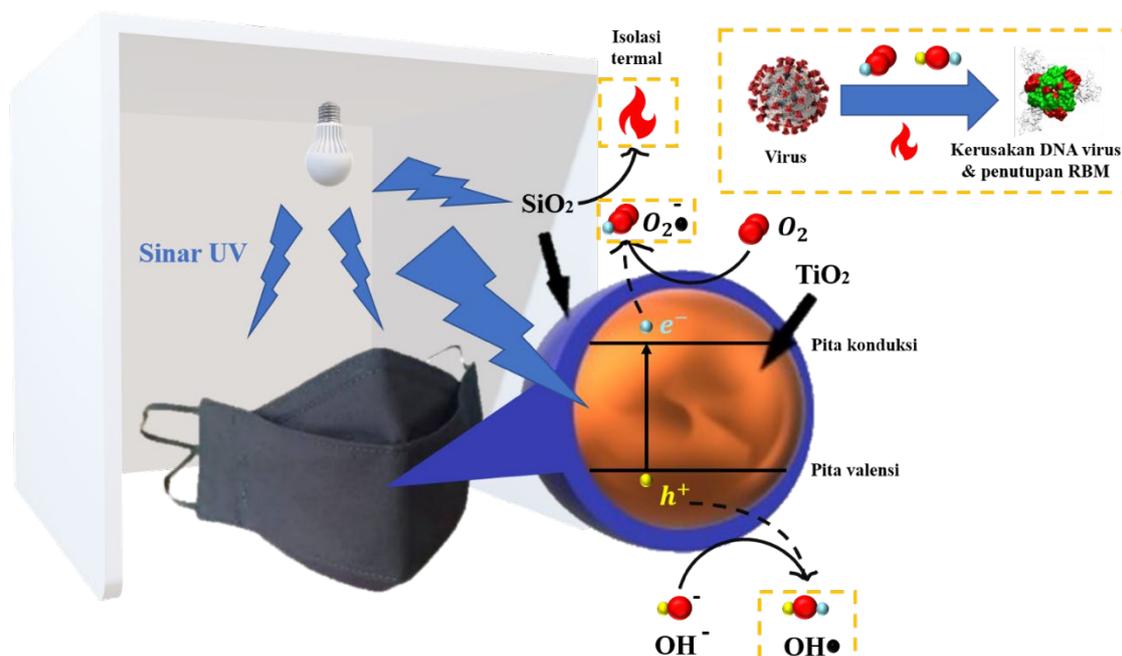
Hidrofobisitas suatu permukaan dapat didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu permukaan untuk berinteraksi dengan air, sehingga akan menghasilkan sudut kontak yang sangat besar. Sudut kontak merupakan sudut antara suatu permukaan dengan tangen dari tetesan air yang menetes di atas permukaan tersebut. Permukaan dikatakan bersifat hidrofobik jika sudut kontaknya lebih dari 90° (Owais *et al.*, 2017). Adapun hidrofobisitas kain tanpa *coating* dan dengan *coating* menunjukkan perbedaan yang signifikan. Berdasarkan **Gambar 5a** dan **5b**, kain tanpa *coating* masih bersifat hidrofilik karena besar sudut kontaknya adalah $55,7^\circ$ sementara nilai sudut kontak

untuk kain yang telah dilakukan *coating* dengan komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ adalah $110,4^\circ$. Permukaan kasar silika pada komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ mampu menimbulkan sifat hidrofobik pada substrat kain poliester (**Gambar 5c**).

Dogan *and* Dag (2017) melaporkan bahwa hasil penelitian mereka terkait pelapisan kain katun dengan SiO_2 menghasilkan sudut kontak pada rentang nilai $126\text{--}146^\circ$. Penurunan nilai sudut kontak komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ di atas kain poliester pada penelitian ini terjadi karena keberadaan TiO_2 yang permukaannya lebih halus. Walaupun demikian, nilai sudut kontak $110,4^\circ$ masih termasuk ke dalam penggolongan sifat hidrofobik. Sifat hidrofobitas pada permukaan kain masker menjadi sesuatu yang penting karena berhubungan dengan kemampuan suatu masker dalam menahan droplet atau aerosol dari lingkungan yang akan masuk ke sistem pernapasan pemakainya. Mekanismenya dapat dilihat pada **Gambar 5d**. Oleh karena itu, modifikasi permukaan kain masker dengan komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ merupakan upaya yang tepat untuk meningkatkan sifat hidrofobitasnya.

Aktivitas Antivirus Permukaan Kain Hasil *Coating*

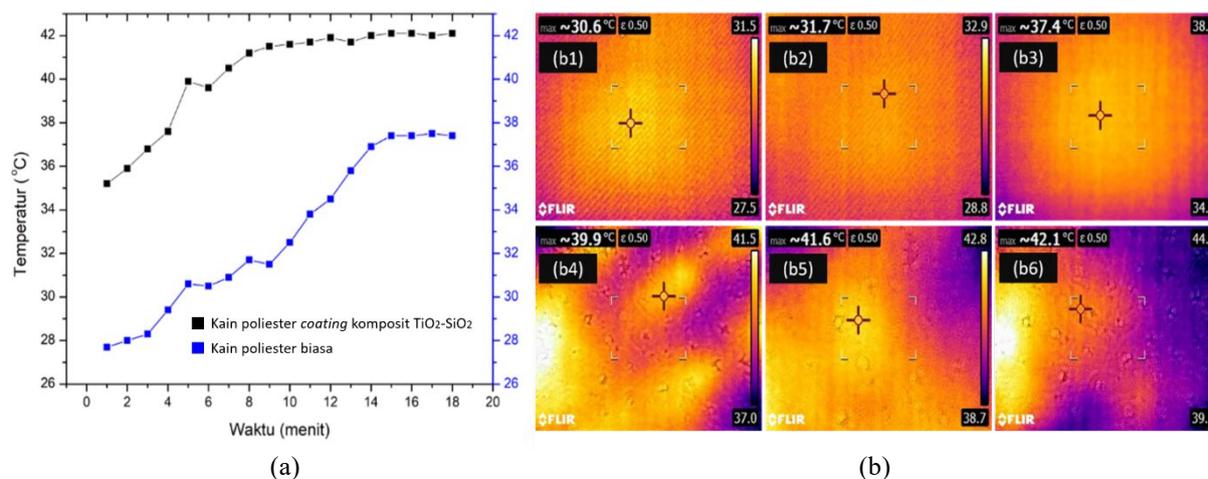
Masuknya virus ke sel inang menjadi langkah awal terjadinya suatu infeksi. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ACE2 merupakan reseptor fungsional spesifik untuk SARS-CoV-2. Ni *et al.* (2020) dalam penelitiannya menggambarkan ilustrasi proses masuknya SARS-CoV-2 ke sel inang di paru-paru melalui pengikatan protein *spike* pada reseptor ACE2 dengan partisipasi protease transmembran TMPRSS dan ADAM17. Aktivitas protein *spike* pada SARS-CoV-2 sangat bergantung pada suhu. Rath dan Kumar (2020) melakukan investigasi pengaruh suhu pada protein *spike* SARS-CoV-2 dengan simulasi dinamika molekular. Dalam temuannya, mereka mengungkapkan bahwa RBM (*Receptor Binding Motif*) protein *spike* akan mengalami penutupan konformasi pada suhu di atas 40°C . Fenomena protein *spike* SARS-CoV-2 yang nonaktif di suhu tinggi membuka peluang besar untuk menciptakan masker yang memiliki sifat *self-sterilization* dengan memanfaatkan aktivitas fotokatalitik dan bantuan iradiasi sinar UV.



Gambar 6. Ilustrasi mekanisme deaktivasi SARS-CoV-2 pada masker kain dengan lapisan komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$.

Berdasarkan **Gambar 6**, elektron TiO_2 pada komposit akan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi saat diiradiasi dengan sinar UV sehingga mampu menghasilkan spesi oksigen radikal yang mampu merusak DNA dan protein kapsid pembungkus suatu virus. Di sisi lain, keberadaan SiO_2 dalam komposit pada kain akan meningkatkan emisivitas serat-serat kain karena adanya energi sinar UV sehingga dapat mengisolasi termal pada permukaan kain. Oleh karena itu, berdasarkan **Gambar 7a** dapat dilihat perbedaan suhu permukaan kain poliester tanpa dan dengan *coating* komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$. Berbeda halnya dengan kain perlakuan biasa yang tidak mencapai suhu 40°C walaupun sudah diiradiasi dengan sinar UV selama 15 menit, suhu permukaan kain poliester dengan *coating* komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ sudah mencapai 40°C hanya dalam kurun waktu 5 menit. Perbedaan hasil citra suhu permukaan kedua sampel kain poliester yang ditangkap oleh *thermal camera* dapat dilihat pada **Gambar 7b**.

Masker dengan lapisan grafena yang diteliti oleh *Zhong et al. (2020)* dapat mencapai suhu permukaan sebesar 80 °C hanya dalam waktu 100 detik. Walaupun demikian suhu permukaan masker kain yang mencapai 40 °C pada penelitian ini cukup untuk dapat menutup RBM protein *spike* SARS-CoV-2.



Gambar 7. (a) Grafik suhu permukaan dua sampel kain setelah diiradiasi sinar UV-C dalam kurun waktu tertentu, Pola citra suhu permukaan (b1) Kain poliester biasa setelah iradiasi UV-C selama 5 menit, (b2) 10 menit, (b3) 15 menit, (b4) Kain poliester yang telah dilapisi komposit TiO₂-SiO₂ setelah iradiasi UV-C selama 5 menit, (b5) 10 menit dan (b6) 15 menit.

KESIMPULAN

Proses *coating* komposit TiO₂-SiO₂ terhadap kain poliester menunjukkan hasil yang sangat baik dari aspek morfologi, hidrofobisitas, dan aktivitas antivirusnya. Morfologi permukaan kain yang dikarakterisasi oleh SEM menunjukkan bahwa komposit terikat kuat pada serat-serat kain. Sudut kontak kain hasil *coating* mencapai angka 110,4°. Suhu permukaan kain hasil *coating* yang dikarakterisasi dengan *thermal camera* menunjukkan hasil yang baik karena hanya dalam kurun waktu 10 menit iradiasi sinar UV-C, suhu permukaannya sudah melebihi 40 °C. Oleh karena itu, kain hasil *coating* memiliki potensi besar untuk diaplikasikan menjadi masker antivirus karena *receptor binding* motif dari protein *spike* SARS-CoV-2 akan mulai mengalami penutupan konformasi pada suhu 40 °C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada tim PKM Ditjen Dikti dan Kemendikbud yang telah memberikan dana penelitian dengan nomor kontrak 1949/E2/KM.05.01/2021. Ucapan terima kasih juga peneliti sampaikan kepada Balai Besar Keramik yang telah menyediakan fasilitas untuk pengukuran sudut kontak. Tidak lupa juga peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kepala dan Jajaran Laboratorium Kimia Fisik dan Anorganik FMIPA Universitas Padjadjaran yang telah menyediakan fasilitas selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Boutghatin, M., Assaf, S., Pennec, Y., Carette, M., Thomy, V., Akjouj, A., and Rouhani, B. D., 2020. Impact of SiO₂ Particles in Polyethylene Textile Membrane for Indoor Personal Heating. *Nanomaterials*, 10(10), 1–9. doi: 10.3390/NANO10101968.
- Cordova, M. R., Nurhati, I. S., Riani, E., Nurhasanah, and Iswari, M. Y., 2021. Unprecedented Plastic-Made Personal Protective Equipment (PPE) Debris in River Outlets into Jakarta Bay during COVID-19 Pandemic. *Chemosphere*, 268, 1–7. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.129360.
- Dogan, O. and Dag, R., 2017. Application of Nano Coating (SiO₂) on Textile Products. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 11(2), 82–85. doi: 10.17265/1934-7375/2017.02.008.
- Doganli, G., Yuzer, B., Aydin, I., Gultekin, T., Con, A. H., Selcuk, H., and Palamutcu, S., 2016. Functionalization of Cotton Fabric with Nanosized TiO₂ Coating for Self-Cleaning and Antibacterial Property Enhancement. *Journal of Coatings Technology and Research*, 13(2), 257–265. doi: 10.1007/s11998-015-9743-7.

- Du, B., Chen, F., Luo, R., Zhou, S., and Wu, Z., 2019. Investigation on the Coating Modification Effect of Nano-SiO₂ Particles on Nano-TiO₂ Particles. *Materials Research Express*, 6(7), 1–10. doi: 10.1088/2053-1591/ab192d.
- Fadare, O. O. and Okoffo, E. D., 2020. Covid-19 Face Masks: A Potential Source of Microplastic Fibers in the Environment. *Science of the Total Environment*, 737(2020), 1–4. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140279.
- Fatimah, I., Said, A., and Hasanah, U. A., 2015. Preparation of TiO₂-SiO₂ Using Rice Husk Ash as Silica Source and the Kinetics Study as Photocatalyst in Methyl Violet Decolorization. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis*, 10(1), 43–49. doi: 10.9767/bcrec.10.1.7218.43-49.
- Ni, W., Yang, X., Yang, D., Bao, J., Li, R., Xiao, Y., Hou, C., Wang, H., Liu, J., Yang, D., Xu, Y., Cao, Z., and Gao, Z., 2020. Role of Angiotensin-Converting Enzyme 2 (ACE2) in COVID-19. *Critical Care*, 24(1), 1–10. doi: 10.1186/s13054-020-03120-0.
- Owais, A., Khaled, M., and Yilbas, B. S., 2017. *Comprehensive Materials Finishing: Hydrophobicity and Surface Finish*. Elsevier Inc., Amsterdam.
- Rath, S. L., and Kumar, K., 2020. Investigation of the Effect of Temperature on the Structure of SARS-CoV-2 Spike Protein by Molecular Dynamics Simulations. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 7(202), 1–13. doi: 10.3389/fmolb.2020.583523.
- Souza, D. C., Amorim, S. M., Cadamuro, R. D., Fongaro, G., Peralta, R. A., Peralta, R. M., Puma, G. L., and Moreira, R. F., 2022. Hydrophobic Cellulose-Based and Non-Woven Fabrics Coated with Mesoporous TiO₂ and Their Virucidal Properties under Indoor Light. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 3, 100182. doi: 10.1016/J.CARPTA.2021.100182.
- Zahid, M., Papadopoulou, E. L., Suarato, G., Binas, V. D., Kiriakidis, G., Gounaki, I., Moira, O., Venieri, D., Bayer, I. S., and Athanassiou, A., 2018. Fabrication of Visible Light-Induced Antibacterial and Self-Cleaning Cotton Fabrics using Manganese Doped TiO₂ Nanoparticles. *ACS Applied Bio Materials*, 1(4), 1154–1164. doi: 10.1021/acsabm.8b00357.
- Zhang, Y., Geng, X., Tan, Y., Li, Q., Xu, C., Xu, J., Hao, L., Zeng, Z., Luo, X., Liu, F., and Wang, H., 2020. New Understanding of the Damage of SARS-CoV-2 Infection Outside the Respiratory System. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 127(2020), 110195. doi: 10.1016/j.biopha.2020.110195.
- Zhong, H., Zhu, Z., Lin, J., Cheung, C. F., Lu, V. L., Yan, F., Chan, C. Y., and Li, G., 2020. Reusable and Recyclable Graphene Masks with Outstanding Superhydrophobic and Photothermal Performances. *ACS Nano*, 14(5), 6213–6221. doi: 10.1021/acs.nano.0c02250.
- Zhou, P., Yang, X. Lou, Wang, X. G., Hu, B., Zhang, L., Zhang, W., Si, H. R., Zhu, Y., Li, B., Huang, C. L., Chen, H. D., Chen, J., Luo, Y., Guo, H., Jiang, R. Di, Liu, M. Q., Chen, Y., Shen, X. R., Wang, X., Zheng, X. S., Zhao, K., Chen, Q. J., Deng, F., Liu, L. L., Yan, B., Zhan, F. X., Wang, Y. Y., Xiao, G. F., and Shi, Z.L., 2020. A Pneumonia Outbreak Associated with a New Coronavirus of Probable Bat Origin. *Nature*, 579(7798), 270–273. doi: 10.1038/s41586-020-2012-7.