

Antibakteri Fotokatalis TiO₂:KA untuk Sterilisasi Air yang Tercemar Bakteri *Escherichia Coli*

M F Taftiari, A Subagio dan I Nurhasanah

Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto SH, Tembalang Semarang 50275

E-mail: iisnurhasanah@fisika.undip.ac.id

ABSTRAK

TiO₂ yang dilapiskan pada karbon aktif granular (TiO₂:KA) telah digunakan untuk mereduksi bakteri *Escherichia coli* (*E. Coli*) dalam air. Serbuk TiO₂ merupakan material fotokatalis yang dapat mengurai polutan organik, seperti bakteri *E. Coli*. Namun penggunaannya masih memerlukan proses pemisahan TiO₂ dari air. KA telah banyak digunakan sebagai penyerap polutan dalam proses penjernihan air. Pada penelitian ini KA granular digunakan sebagai media tempat pelapisan TiO₂ untuk mereduksi bakteri *E. coli*. TiO₂:KA diperoleh dengan mencelupkan KA ke dalam larutan TiO₂ kemudian dikeringkan pada temperatur 100°C selama 30 menit. Mikrostruktur TiO₂:KA diamati menggunakan *x-ray diffractometer* (XRD) dan *scanning electron microscope* (SEM). Kemampuan fotokatalis TiO₂:KA dalam mereduksi *E. coli* diuji menggunakan *total plate count* (TPC) terhadap air yang telah melalui proses fotokatalis berbantuan sinar UV. Citra SEM menunjukkan adanya bulir-bulir pada permukaan KA yang mengindikasikan TiO₂ berhasil dilapiskan pada KA. Hal ini diperkuat dengan pola difraksi yang menunjukkan struktur anatase TiO₂. Jumlah bakteri *E. coli* yang tereduksi meningkat seiring dengan lama waktu proses fotokatalis. Proses fotokatalis TiO₂:KA selama 3 jam berhasil menghilangkan 100% bakteri *E. coli* dalam air. Hasil ini menunjukkan efektivitas antibakteri fotokatalis TiO₂:KA untuk sterilisasi air dari bakteri *E. coli*.

Keywords: antibakteri, Escherichia coli, fotokatalis, TiO₂:KA

PENDAHULUAN

Material semikonduktor oksida seperti TiO₂ dan ZnO memiliki sifat antibakteri yang berpotensi besar untuk remediasi dan penghilang polutan organik dalam air. Sifat antibakteri TiO₂ dan ZnO berdasarkan pada kemampuan fotokatalitiknya dalam mengurai polutan organik yang dibantu dengan penyinaran ultra violet (UV). Perkembangan pesat penelitian mengenai fotokatalis dimulai sejak publikasi Fujishima dan Honda [1].

TiO₂ memiliki tiga macam bentuk kristal, yaitu: *anatase*, *rutile*, dan *brookite* yang secara kimia dapat diaktifkan melalui pemberian cahaya. Struktur *anatase* menunjukkan sifat fotoaktivitas yang paling tinggi dibandingkan struktur *rutile* maupun *brookite*. TiO₂ anatase memiliki celah energi 3,2 eV yang bersesuaian dengan cahaya UV. Penyinaran cahaya UV mengeksitasi TiO₂ dan mendekomposisikan material organik dalam air [2].

Dalam beberapa waktu terakhir fotokatalis menjadi perhatian banyak peneliti untuk

memecahkan masalah-masalah lingkungan [3]. TiO₂ dalam bentuk serbuk, *sol* maupun lapisan pada substrat telah digunakan dalam pengolahan air limbah, pemurnian air, sterilisasi dan disinfeksi air, karena memiliki aktivitas fotokatalis yang tinggi, tidak beracun, stabil dalam larutan asam dan basa serta relatif murah [4]. Penelitian lain memasukkan serbuk TiO₂ secara langsung ke dalam air yang tercemar [5-6]. Penggunaan TiO₂ dalam bentuk serbuk sebagai fotokatalis dalam pengolahan limbah cair memiliki kekurangan, karena memerlukan proses pemisahan lebih lanjut. Oleh karena itu, diupayakan immobilisasi TiO₂ dengan melapiskannya pada permukaan suatu media (substrat), seperti: kaca dan keramik [7-9]. Pada penelitian ini TiO₂ dilapiskan pada karbon aktif granular (TiO₂:KA) untuk meningkatkan efektivitas antibakteri fotokatalitiknya terhadap bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) dalam air. KA digunakan sebagai media tempat pelapisan material TiO₂ dan berperan dalam mengadsorpsi zat pencemar.

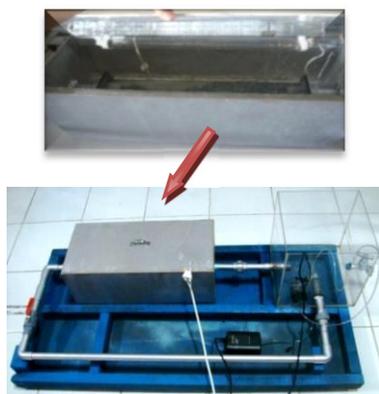
Pengkombinasian karbon aktif dengan TiO₂ dalam penelitian ini dapat mereduksi bakteri *E. coli*

sampai 100% setelah proses fotokatalis selama 3 jam.

EKSPERIMEN

Pelapisan TiO₂ pada karbon aktif granular (TiO₂:KA) dilakukan dengan mencelupkan KA ke dalam larutan TiO₂. Sebelum dilapiskan, karbon aktif granular dibersihkan menggunakan aquades lalu dikeringkan. Larutan TiO₂ dibuat dengan melarutkan 1 g serbuk TiO₂ (Merck, chemical, 99,89%) dalam 100 mL DI-water sampai diperoleh larutan berwarna putih. 10 g karbon aktif granular yang telah dibersihkan dimasukkan ke dalam larutan TiO₂. Campuran didiamkan selama 30 menit kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 100°C selama 30 menit.

Struktur dan morfologi permukaan TiO₂:KA diamati menggunakan XRD dan SEM. Pengujian TiO₂:KA sebagai antibakteri fotokatalis dilakukan dengan cara menempatkan 200 g TiO₂:KA dalam tabung kaca transparan yang berisi 3 L air yang mengandung bakteri *E. coli*. Air disirkulasikan kontinyu dengan variasi waktu 1 jam, 2 jam dan 3 jam sambil disinari cahaya UV, seperti ditunjukkan Gambar 1. Kandungan total bakteri *E. coli* dalam air sebelum dan setelah melalui proses fotokatalis diuji menggunakan metode TPC. Reduksi *E. coli* juga dilakukan melalui penyinaran UV saja, penggunaan media KA serta kombinasi media KA dan sinar UV sebagai pembanding.

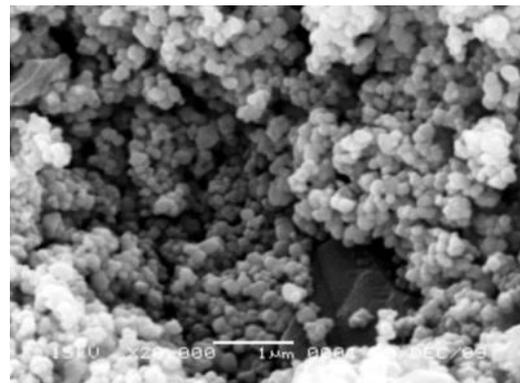


Gambar 1. Reaktor proses fotokatalis

HASIL DAN PEMBAHASAN

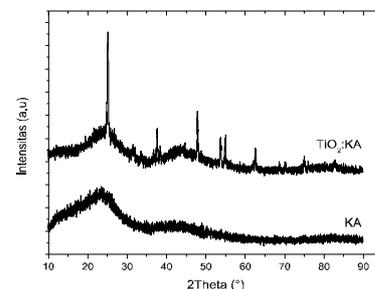
Citra SEM sebagaimana ditunjukkan Gambar 2 memperlihatkan keadaan permukaan TiO₂:KA. Terlihat pada gambar terdapat bulir-bulir kecil yang menutupi KA, serupa dengan hasil peneliti

sebelumnya [10]. Bulir-bulir tersebut diduga merupakan TiO₂ yang terdeposisi pada permukaan KA. Hal ini menunjukkan bahwa TiO₂ telah berhasil dilapiskan pada KA, sehingga dapat digunakan sebagai material fotokatalis untuk mereduksi bakteri *E. coli* dalam air. Untuk memastikan bahwa pada karbon aktif yang tumbuh adalah lapisan TiO₂, maka dilakukan uji XRD.



Gambar 2. Citra SEM TiO₂:KA

Gambar 3 menunjukkan pola difraksi KA dan TiO₂:KA. Identifikasi data menggunakan program JCPDS dapat diketahui bahwa lapisan TiO₂ tersebut memiliki struktur kristal *anatase* dengan puncak-puncak difraksi berturut-turut adalah (101), (004), (200), (211), (204) dan (215). Puncak-puncak tersebut mengindikasikan, bahwa lapisan TiO₂ pada KA berupa polikristal sesuai dengan struktur kristal serbuk TiO₂ yang digunakan sebagai material sumber pelapisan. Hal serupa dipaparkan juga oleh peneliti lain [10].



Gambar 3. Pola XRD KA dan TiO₂:KA
Ukuran kristalit bernilai 27,77 nm diestimasi dari puncak difraksi tertinggi (101) menggunakan Persamaan Scherrer:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \tag{1}$$

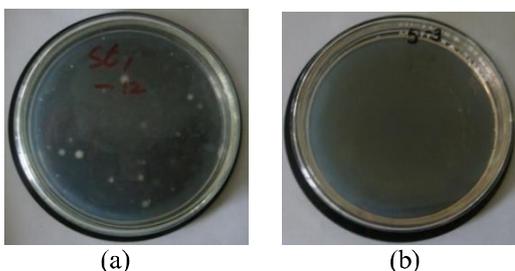
dengan D adalah ukuran kristalit rata-rata (nm), $k = 0,98$, $\lambda = 1,5046$ nm, β adalah *full width at half maximum* (FWHM) puncak difraksi dan θ adalah sudut difraksi. Ukuran kristalit yang diperoleh lebih kecil dari ukuran bulir partikel yang teramati pada citra SEM, mengindikasikan bahwa partikel-partikel TiO_2 terdiri dari kumpulan kristalit-kristalit (polikristal) sesuai dengan puncak-puncak difraksi yang muncul.

Proses fotokatalis $TiO_2:KA$ dalam mereduksi bakteri *E. coli* selama interval waktu 3 jam memberikan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1. Proses fotokatalis selama 1 jam pertama mereduksi 10^5 CFU/ml bakteri *E. coli*, penambahan proses fotokatalis 1 jam berikutnya mereduksi sekitar $1,6 \times 10^3$ CFU/ml *E. coli* dan proses fotokatalis selama 3 jam menghilangkan seluruh bakteri *E. coli*.

Tabel 1. Total bakteri *E.coli* dalam air sebelum dan setelah proses fotokatalis menggunakan $TiO_2:KA$

Lama waktu proses fotokatalis (jam)	Total bakteri <i>E. coli</i> dalam air (CFU/ml)
0 (kontrol)	$3,90 \times 10^{13}$
1	$3,50 \times 10^8$
2	$1,56 \times 10^5$
3	0

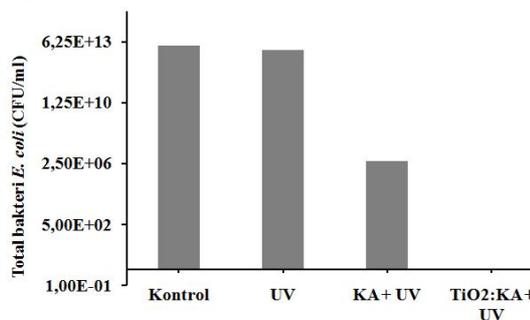
Gambar 4 menunjukkan koloni *E. coli* sebelum dan sesudah proses fotokatalis menggunakan $TiO_2:KA$ selama 3 jam. Titik-titik berwarna putih pada gambar (a) adalah koloni *E. coli* yang terdapat pada air awal (kontrol), sedangkan gambar (b) tidak terdapat titik-titik putih yang menunjukkan tidak terdapatnya koloni bakteri *E. coli*.



Gambar 4. Koloni *E. coli* (a) kontrol, (b) sebelum proses fotokatalis menggunakan $TiO_2:KA$ selama 3 jam

Efektivitas antibakteri fotokatalis $TiO_2:KA$ dalam mereduksi bakteri *E. coli* dibandingkan

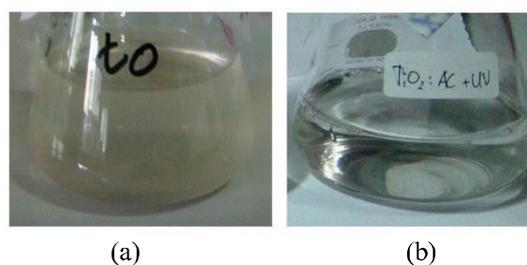
dengan media lain, yaitu: penyinaran UV dan penggunaan KA + UV. Gambar 5 menunjukkan total bakteri *E. coli* setelah penyinaran UV selama 3 jam menggunakan berbagai media. Tampak bahwa penyinaran UV hanya mereduksi sedikit *E. coli*. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri sinar UV sangat kecil. Penggunaan KA dan UV mereduksi hampir 50% bakteri *E. coli*, sedangkan pengkombinasian $TiO_2:KA$ + UV menghilangkan seluruh bakteri *E. coli*. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan reduksi *E. coli* terjadi karena proses adsorpsi oleh KA. Sementara itu, pengkombinasian KA dan TiO_2 mengindikasikan bahwa reduksi *E. coli* terjadi karena proses adsorpsi KA dan fotokatalis TiO_2 yang diaktivasi oleh sinar UV.



Gambar 5. Diagram total bakteri *E. coli* setelah proses penyinaran UV selama 3 jam dalam berbagai media

Keadaan air kontrol dan setelah proses fotokatalis menggunakan $TiO_2:KA$ ditunjukkan pada Gambar 6. Perbedaan fisik air yang tercemar bakteri *E. coli* dengan air bersih dapat terlihat. Air yang tercemar bakteri *E. coli* (kontrol) tampak keruh, sedangkan air hasil proses fotokatalis tampak bening.

Hasil ini menunjukkan bahwa $TiO_2:KA$ dapat diaplikasikan sebagai antibakteri fotokatalis untuk sterilisasi dan penjernihan air.



Lapisan $TiO_2:KA$ memiliki struktur anatase dengan ukuran kristalit 27,77 nm. Proses

fotokatalis menggunakan TiO_2 :KA pada air yang tercemar bakteri *E. coli* selama 3 jam berhasil mereduksi 100% bakteri *E. coli* dan menjernihkan air. TiO_2 :KA memiliki sifat antibakteri yang kuat dan dapat digunakan untuk sterilisasi dan penjernihan air yang tercemar bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fujishima A dan Honda K 1972 *Nature* **238** 37
- [2] Zhang X, Zhang F dan Chan KY 2006 *Mater. Chem. Phys.* **97** 384
- [3] Tian J, Chen L, Dai J, Wang X, Yin Y dan Wu P 2009 *Ceramics Int.* **35** 2261
- [4] Alem A, Sarpoolaky H dan Keshmiri M 2009 *Ceramics Int.* **35** 1837
- [5] Liu H L dan Yang T C K 2003 *Process Biochem.* **39** 475- 81
- [6] Rahmani AR, Samarghandi, Samadi dan Nazemi 2009 *J. Res. Health Sci.* 9(1) 1
- [7] Fernandez A, Lassaletta G, Jimenez V M, Justo A, Gonzales-Elipe A R dan Hermann J M 1995 *Appl. Catal. B* 7(**1-2**) 49
- [8] Hur JS dan Koh Y 2002 *Biotechnol. Lett.* **24** 23
- [9] Sayilkan F, Asilturk M, Kiraz N, Burunkaya E dan Arpac E. 2009 *J. Hazardous Mater.* **162** 1309
- [10] Subramani A, Byrappa K, Ananda S, Lokanatha RK dan Yoshimura M 2007 *Bull. Mater. Sci.* **30(1)** 37