

## T-FANTYQ 09: Teknologi Lingkungan Penyaring Udara Sebagai Upaya Degradasi Polutan Asap Rokok

F Mudhofir<sup>1,2✉</sup>, I Yulianti<sup>1</sup>, Sujarwata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Pascasarjana Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

<sup>2</sup>MAS Tahfidz Yanbu'ul Qur'an Kudus, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima 11 Januari 2018

Disetujui 23 Maret 2018

Dipublikasikan 1 April 2018

*Keywords:*

T-FANTYQ 09, degradation of CO, catalysts, cigarette smoke

### Abstrak

Masalah pencemaran merupakan suatu masalah yang terus berkembang di kalangan masyarakat. Berbagai jenis polutan, baik pada air, tanah, maupun udara sangat potensial merusak lingkungan dan merugikan kesehatan manusia. Asap rokok merupakan salah satu polutan udara yang sangat berbahaya baik bagi perokok aktif maupun perokok pasif. Sebuah teknologi "T-FANTYQ 09" dirancang sebagai teknologi untuk mendegradasi polutan CO yang dihasilkan asap rokok. Teknologi ini berbasis fotokatalis TiO<sub>2</sub> yang dicampurkan dengan SiO<sub>2</sub> dari lumpur lapindo yang disemprotkan pada preparat. Preparat sebagai katalis dan tiga lampu UV disusun dalam bentuk kotak berukuran 16cm x 10cm x 20cm. Pengujian dilakukan dengan memasukkan asap rokok dalam kotak untuk kemudian disinari lampu UV. Dalam pengujian alat menggunakan CO meter diperoleh hasil penurunan konsentrasi CO sampai 95% dengan waktu penyinaran 60 menit.

### Abstract

The problem of pollution is a problem that continues to develop among the people. Various types of pollutants, both in water, soil and air are very potential to damage the environment and harm human health. Cigarette smoke is one of the air pollutants that is very dangerous for both active smokers and passive smokers. A "T-FANTYQ 09" technology is designed as a technology to degrade CO pollutants produced by cigarette smoke. This technology is based on TiO<sub>2</sub> photocatalyst mixed with SiO<sub>2</sub> from lapindo mud which is sprayed on preparations. Preparations as catalysts and three UV lamps are arranged in a box shape measuring 16cm x 10cm x 20cm. The test is done by inserting cigarette smoke in a box and then illuminating the UV lamp. In testing tools using CO meters obtained results of a decrease in CO concentrations to 95% with a 60-minute irradiation time.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

E-mail: [faizmudhofir@icloud.com](mailto:faizmudhofir@icloud.com)

## PENDAHULUAN

Udara merupakan kebutuhan penting dalam hidup manusia. Udara yang bersih sudah menjadi konsumsi manusia dalam menjalankan kehidupan sehari-hari. Namun, dewasa ini kondisi kualitas udara sangat memprihatinkan. Kualitas udara sangat dipengaruhi oleh besar dan jenis sumber pencemar yang ada seperti aktivitas manusia. Asap rokok merupakan salah satu polutan udara berasal dari kegiatan manusia yang sangat berbahaya baik bagi perokok aktif maupun perokok pasif (Bazemore *et al.* 2006).

Banyak senyawa kimia yang terdapat di dalam satu batang rokok. Senyawa tersebut dapat mencapai kurang lebih 4000 jenis senyawa yang berbahaya (Yu *et al.* 2006). Polutan dari asap rokok yang potensial berbahaya adalah kandungan gas CO (*Carbon Monoxida*). Gas tersebut merupakan gas beracun yang dapat mengurangi kemampuan darah untuk membawa oksigen. Gas ini terbentuk ketika pembakaran tembakau dan kertas pembungkus rokok. Unsur ini memiliki kemampuan cepat sekali bersenyawa dengan hemoglobin. Akibatnya, suplai oksigen ke seluruh organ tubuh terhambat (Sitepoe 2000).

Selama ini sudah banyak diterapkan teknologi dalam mengurangi pencemaran udara seperti asap rokok. Salah satu teknologi yang berpotensi besar dalam mengurangi pencemaran tersebut yaitu teknologi fotokatalis. Aplikasi teknologi ini sudah banyak dikembangkan sejak beberapa tahun terakhir. Selain untuk purifikasi udara, teknologi fotokatalis juga diterapkan dalam pengolahan limbah, purifikasi air, swa-bersih, anti kabut, dan disinfeksi bakteri. Salah satu cara degradasi polutan yang kini banyak dikembangkan yaitu dengan menggunakan semikonduktor TiO<sub>2</sub>. TiO<sub>2</sub> merupakan semikonduktor yang paling banyak digunakan sebagai fotokatalis dalam aplikasi reaksi fotokatalitik karena keunggulannya dibandingkan jenis semikonduktor lain (Wu *et al.* 2010).

Teknologi fotokatalis sebagai purifikasi udara sangat potensial untuk dikembangkan. Tidak seperti metode tradisional dalam purifikasi udara, proses adsorpsi yang hanya mengubah polutan fasa gas menjadi fasa solid, proses fotokatalis dapat mengubah polutan menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O

yang lebih aman bagi kesehatan (Ao *et al.* 2003). Beberapa penelitian mengenai teknologi fotokatalis untuk purifikasi udara telah dilakukan sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Slamet dan Ibadurrohman (2009). Penelitian ini dilakukan dengan mengaplikasikan TiO<sub>2</sub> pada alumunium di dalam sebuah reaktor dan ke dalam reaktor dialirkan gas CO dengan waktu yang berbeda. Hasil pengujian diperoleh degradasi CO mencapai 90% untuk gas CO yang statis.

Penambahan oksida logam seperti SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> atau Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan lain-lain juga ditemukan sebagai cara yang efektif untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik dan stabilitas termal dari TiO<sub>2</sub>. Dari semua logam tersebut, SiO<sub>2</sub> merupakan material yang paling banyak diteliti dan terbukti bahwa dengan penambahan SiO<sub>2</sub>, aktivitas fotokatalitik menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub> murni (Dang *et al.* 2010). Penambahan oksida logam SiO<sub>2</sub> juga meningkatkan stabilitas termal pada transformasi fasa partikel TiO<sub>2</sub> dari anatase menjadi rutil (Le *et al.* 2010).

Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi katalis TiO<sub>2</sub> dengan melakukan penambahan lumpur lapindo teraktivasi yang diharapkan sebagai sumber SiO<sub>2</sub>. Aplikasi fotokatalis dilakukan dengan melapiskan katalis pada substrat kaca yang akan dimasukkan ke dalam kotak kaca yang sudah dirancang untuk mendegradasi polutan asap rokok. Rancangan alat ini sebagai teknologi lingkungan yang dapat mengurangi pencemaran asap rokok sehingga dihasilkan udara yang lebih bersih dan aman untuk kesehatan.

## METODE

Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimen. Penelitian dimulai dengan melakukan pembuatan reaktor box kemudian preparasi katalis yang akan digunakan, dilanjutkan dengan melakukan karakterisasi terhadap katalis yang telah dibuat dengan XRD dan SEM/EDX. Karakterisasi XRD digunakan untuk mengetahui struktur kristal, SEM/EDX dilakukan untuk mengetahui morfologi dari komposit dan komposisinya. Tahap selanjutnya melakukan uji kinerja alat yang telah dibuat dalam mendegradasi polutan asap rokok.

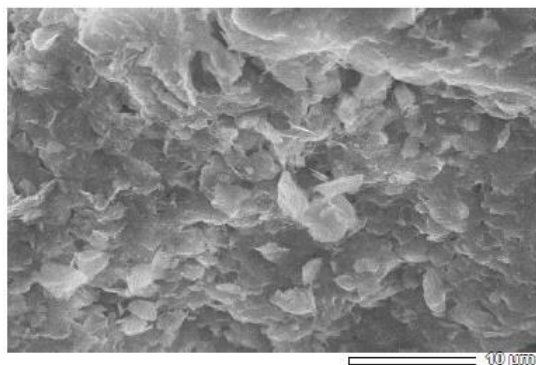
Hasil rancangan alat berupa teknologi lingkungan T-FANTYQ 09 yang berbentuk kotak berukuran 16cm x 10cm x 20cm. alat ini terdiri atas komponen utama lampu UV, preparat katalis, dan kipas.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium MAS Tahfidz Yanbu'ul Qur'an Kab. Kudus. Pembuatan katalis di Laboraturium Fisika Dasar Universitas Muria Kudus dan pengujian degradasi CO di Laboraturium Terpadu Universitas Diponegoro.

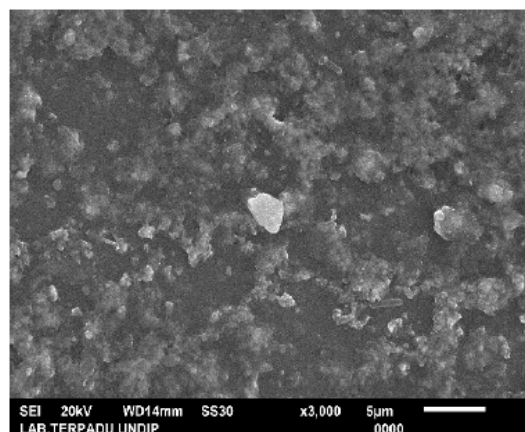
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Fotokatalis merupakan suatu kombinasi antara proses fotokimia dan katalis. Proses fotokimia merupakan proses transformasi secara kimia dengan melibatkan cahaya sebagai pemicunya, di mana dalam proses ini juga terjadi perubahan material. Sedangkan katalis adalah suatu zat yang dapat mempengaruhi laju reaksi dengan jalan mengubah mekanisme reaksi tersebut sehingga diperoleh kembali di akhir reaksi. Katalis yang digunakan pada proses ini mempunyai kemampuan menyerap energi foton (Colmenears *et al.* 2009).

Karakterisasi katalis dilakukan untuk mengetahui karakter dari katalis yang telah dibuat. Dengan mengetahui karakter tersebut maka kinerja dari subtrat kaca yang dilapisi katalis dalam mendegradasi polutan dapat dijelaskan lebih baik. Pada penelitian ini dilakukan dua jenis karakterisasi, yaitu karakterisasi SEM dan karakterisasi EDX seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Hasil SEM pada lumpur Lapindo teraktivasi



**Gambar 2.** Hasil SEM pada permukaan substrat kaca dilapisi katalis

Karakterisasi SEM untuk mengetahui morfologi katalis yang dilapiskan pada substrat kaca, sedangkan karakterisasi EDX untuk melihat bagaimana komposisi unsur penyusun katalis. Lumpur lapindo teraktivasi mempunyai komposisi silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang paling tinggi yaitu 51,08%. Jika dibandingkan dengan lumpur lapindo tanpa aktivasi yang mempunyai kandungan sebesar 29,56% (Mustopa & Risanti 2013). Hasil karakterisasi EDX pada menunjukkan bahwa unsur yang ada pada substrat kaca terlapisi katalis didominasi oleh silika ( $\text{SiO}_2$ ) sebesar 48,37% dan C sebesar 31,49%. Hal ini sebagai akibat dari penambahan lumpur lapindo teraktivasi. Sedangkan unsur Ti pada substrat kaca tersebut sebesar 3,78%.

Hasil SEM pada gambar tersebut menunjukkan bahwa lumpur lapindo teraktivasi memiliki morfologi yang menggumpal (terglomerasi). Hasil tersebut menunjukkan bahwa katalis sudah dapat ter-*coating* di permukaan substrat kaca. Namun katalis tidak tersebar dengan merata. Keadaan ini disebabkan oleh keterbatasan metode *coating* yang ada sehingga katalis tidak tersebar dengan merata dipermukaan kaca. Hal ini akan berpengaruh terhadap kinerja degradasi polutan dimana polutan tidak akan berlangsung dengan optimum karena luas kontak antara katalis dengan polutan berkurang sebagai akibat tidak meratanya keberadaan katalis di permukaan substrat kaca yang ter-*coating*.

Tahap uji berikutnya adalah uji kinerja degradasi polutan. Kefektifan *reaktor box* yang dilengkapi dengan katalis dalam mendegradasi

polutan dilihat dengan melakukan uji kinerja degradasi polutan. Uji degradasi polutan dilakukan pada gas CO asap rokok. Rancangan alat T-FANTYQ 09 ditunjukkan pada Gambar 3.

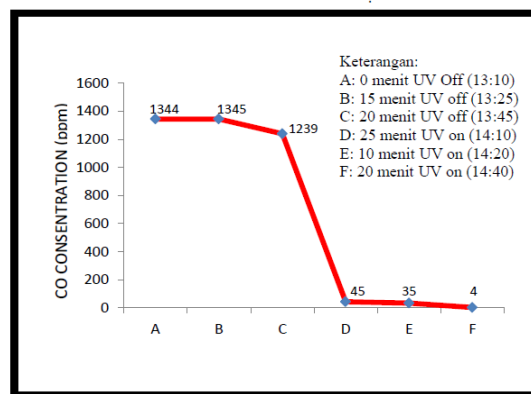


**Gambar 3.** Hasil SEM pada permukaan substrat kaca dilapisi katalis

Pengujian ini dilakukan untuk melihat besar efektivitas *reaktor box* yang dilengkapi dengan katalis dalam mendegradasi gas CO dari asap rokok selama selang waktu tertentu (60 menit). Polutan ini diinjeksikan ke dalam *reaktor box* tersebut berasal dari asap rokok. Asap rokok terlebih dahulu dimasukkan ujung salah satu selang, kemudian ujung lainnya diberi balon tensi. Balon tensi ini digunakan untuk memompa rokok agar keluar asapnya. Asap rokok yang dimasukkan dalam *reaktor box* sebesar 15 kali pompa balon tensi.

Asap rokok merupakan gas yang memiliki warna dan bau. Ketika asap dimasukkan ke dalam kotak uji, kondisi di dalam *reaktor box* langsung berubah menjadi keruh dan menimbulkan bau menyengat. Berikut hasil uji degradasi asap rokok yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Hasil uji degradasi di atas dapat dilihat bahwa konsentrasi CO di dalam *reaktor box* berfluktuasi pada saat UV *off*. Gas CO masih menuju kondisi homogen dan proses adsorpsi kurang dominan karena adanya perbedaan kepolaran antara lumpur lapindo teraktivasi dan CO.



**Gambar 4.** Hasil degradasi CO dari asap rokok

Setelah 35 menit uji adsorpsi, lampu UV dinyalakan dan proses fotokatalis dimulai. Dari grafik terlihat bahwa pada 20 menit pertama setelah UV on, laju degradasi berlangsung sangat cepat. Hal ini terbukti dengan berkurangnya kandungan CO asap rokok di dalam reaktor sebanyak 95% dari konsentrasi awalnya. Cepatnya laju degradasi awal karena masih tingginya polutan CO di dalam reaktor. Setelah 35 menit, laju degradasi berkurang karena telah berkurangnya konsentrasi CO di dalam reaktor dan pada menit ke-50 CO telah habis. Hal ini berarti TiO<sub>2</sub> termodifikasi dengan kombinasi lumpur lapindo teraktivasi cukup efektif dalam mendegradasi polutan CO asap rokok. Hal ini karena TiO<sub>2</sub> memiliki aktivitas fotokatalitik yang kuat.

Proses fotokatalitik TiO<sub>2</sub>, ketika semikonduktor TiO<sub>2</sub> mengabsorpsi sinar UV, yang berenergi sama atau lebih besar dari celah energinya (3-3,2 eV), maka energi foton yang akan digunakan oleh elektron untuk pindah dari pita valensi ke pita konduksi (Tian *et al.* 2009). Elektron yang telah berada di pita konduksi akan bebas bergerak, termasuk ke permukaan partikel dan berpindah ke spesi penangkap elektron di sekitar partikel. Lubang positif yang terbentuk berinteraksi dengan air atau ion OH<sup>-</sup> menghasilkan radikal OH. Lubang positif dan radikal hidroksil ini merupakan spesi yang sangat reaktif menyerang molekul-molekul organik, dan dapat mendegradasi zat organik menjadi ion halida jika molekul organiknya mengandung halogen (Linsebigler *et al.* 1995).

Penambahan oksida logam untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik TiO<sub>2</sub> sudah banyak diteliti sebelumnya. Oksida logam yang

sudah banyak diteliti antara lain SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SnO<sub>2</sub> (Le *et al.* 2010). Dari penelitian-penelitian tersebut ditemukan bahwa penambahan oksida logam tersebut merupakan sebuah cara yang efektif dalam meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari TiO<sub>2</sub> murni. Dari kesemuanya, SiO<sub>2</sub> merupakan oksida logam yang paling banyak diteliti dan system SiO<sub>2</sub>- TiO<sub>2</sub> menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang lebih tinggi dari TiO<sub>2</sub> murni (Dang *et al.* 2010).

Adanya penambahan SiO<sub>2</sub> dapat meningkatkan stabilitas termal dari TiO<sub>2</sub> karena kehadiran SiO<sub>2</sub> menekan pertumbuhan kristal TiO<sub>2</sub> pada saat kalsinasi sehingga menghambat transformasi (perubahan) partikel TiO<sub>2</sub> dari fase anatase menjadi rutil (Sikong, 2010). Penambahan SiO<sub>2</sub> juga dapat meningkatkan luas permukaan katalis dan volume pori-pori katalis (Le *et al.* 2010) yang menjadi salah satu faktor meningkatkan kinerja fotokatalitik dari TiO<sub>2</sub>. Selain itu aktivitas fotokatalitik yang tinggi juga diperoleh dari system SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> karena meningkatnya kemampuan adsorpsi katalis terhadap reaktan sebagai akibat kehadiran SiO<sub>2</sub> (Jung & Park 2000).

## SIMPULAN

Teknologi lingkungan T-FANTYQ 09 berhasil dirancang sebagai upaya mendegradasi polutan CO dari asap rokok. Teknologi ini berbasis katalis TiO<sub>2</sub> dengan SiO<sub>2</sub> yang diperoleh dari lumpur Lapindo. Rancangan alat T-FANTYQ mampu mendegradasi polutan asap rokok sebesar 95% dengan waktu 1,5 jam.

Perkembangan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh hasil degradasi yang lebih baik dibutuhkan metode *coating* yang lebih baik agar menghasilkan morfologi yang merata dipermukaan substrat kaca. Metode lain adalah modifikasi metode preparasi katalis agar dihasilkan katalis dengan kinerja yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ao CH, Lee SC, & Yu JC. 2003. Photocatalyst TiO<sub>2</sub> supported on glass fiber for indoor air purification: effect of NO on the photodegradation of CO and NO<sub>2</sub>. *J Photoch photobio A:Chem.*156(1-3):171-177.
- Bazemore R, Harrison C, & Greenberg M. 2006. Identification of Components Responsible for the Odor of Cigar Smoker's Breath. *J Agric Food Chem.* 54: 497-501.
- Colmenares JC, Luque R, Campelo JM, Colmenares F, Karpinski Z, & Romero AA. 2009. Nanostuctured photocatalytic and their application in the photocatalytic transformation of lignocellulosic biomass: An overview. *Material (Basel)* 2(4): 2228-2258.
- Le DD, Dang TMD, Chau VT, & Dang MC. 2010. The Fabrication of visible light responsive Ag-SiO<sub>2</sub> co doped TiO<sub>2</sub> thin films by the sol-gel method. *Adv Natur Sci Nanosci Nanotech.*1(1): 1-5.
- Jung KY & Park SB. 2000. Enhanced photocatalytic activity of silica-embedded titania particle prepared by sol-gel process for the decomposition of trichloroethylene. *Appl Catal.B: Environment.* 25(4): 249-256
- Linsebigler AL, Guangquan L & Yates JT. 1995. Photocatalysis TiO<sub>2</sub> on surface: Principles, Mechanism and Selected Result. *Chem Rev.* 95(3): 735-758.
- Mustopa RS & Risanti DD. 2013. Karakterisasi Sifat Fisik Lumpur Panas Sidoarjo dengan Aktivasi Kimia dan Fisika. *Jurnal Teknik Pomits* 2(2): F256-261
- Sitepoe. 2000. *Kekhususan Rokok Indonesia*. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana.
- Slamet & Ibadurrohman M. 2009. Purifikasi udara dari polutan asap rokok menggunakan kombinasi proses adsorpsi fotokatalisis dengan nano komposit TiO<sub>2</sub> karbon aktif. *J Ris Ind* 3(1): 1-5
- Dang TMD, Le DD, Chau VT & Dang MC. 2010. Visible light photocatalytic activity of N/SiO<sub>2</sub>- TiO<sub>2</sub> thin films on glass. *Adv Nat Sci: Nanosci Nanotechnol.*,1: 1-5
- Tian J, Chen L, Dai J, Wang X, Yin Y, & Wu P. 2009. Preparation and Characterization of TiO<sub>2</sub>, ZnO, and TiO<sub>2</sub>/ZnO Nanofilms Via Sol-gel Process. *Ceram Int.* 35(6):2261-2270.
- Wu WC, Liao LF, Chuang CC, & Lin JL. 2000. Adsorption and Photooxidation of Formamide on Powdered TiO<sub>2</sub>. *J Catal.* 195(2): 416-419.
- Yu R, Wu M, Lin S, & Talbot P. 2006. Cigarette Smoke Toxicants Alter Growth and Survival of Cultured Mammalian Cells. *Toxicol Sci.* 93(1): 82-95.