

# KERAMIK SEBAGAI MEDIA FOTOKATALIS $TiO_2$ -KARBON AKTIF SERTA APLIKASINYA PADA KESEHATAN LINGKUNGAN

(*CERAMIC AS A MEDIA FOR PHOTOCATALYST  $TiO_2$ -ACTIVATED CARBON AND ITS APPLICATION IN ENVIRONMENTAL HEALTH*)

Siti Naimah, Rahyani Ermawati, Silvie Ardhanie Aviandarie,  
Novi Nur Aidha, dan Bumiarto Nugroho Jati

Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian RI  
Jalan Balai Kimia 1 Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur

*E-mail* : st.naimah@gmail.com

*Received* : 12 Agustus 2015; *revised* : 19 Agustus 2015; *accepted* : 26 Agustus 2015

## ABSTRAK

Penelitian mengenai penggunaan material keramik sebagai media fotokatalis  $TiO_2$  (*Titanium Dioxide*)-Karbon aktif yang aplikasinya pada kesehatan lingkungan telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari dan menentukan material (media) yang sesuai sebagai tempat menempelnya komposit  $TiO_2$  agar menghasilkan adsorben yang optimal, selanjutnya penelitian ini diaplikasikan pada bidang kesehatan lingkungan dalam kemampuannya untuk mendegradasi terhadap polutan udara, khususnya CO (*carbon monoxide*) dan toluen. Gas CO dan toluene yang akan didegradasi sebelum dan sesudah proses ditampung dalam reaktor kemudian diukur konsentrasinya menggunakan alat GC-FID (*Gas Chromatography-Flame Ionization Detector*). Proses fotokatalis dalam mendegradasi polutan udara CO dan toluene menghasilkan  $CO_2$  (*carbon dioxide*) dan uap air. Pengukuran konsentrasi  $CO_2$  dilakukan menggunakan alat GC-FID. Hasil penelitian didapatkan bahwa keramik merupakan material media yang optimal dibandingkan dengan aluminium dan *stainless steel* karena keramik memiliki tekstur pada permukaannya sehingga dapat mengikat komposit lebih maksimal. Kemampuan degradasi terhadap polutan udara pada alat ini yaitu 90% untuk degradasi CO dan 41% untuk degradasi toluena, CO dan toluena dipakai sebagai model terhadap polutan yang ada di udara. Semakin banyak polutan yang terdegradasi, menyebabkan bertambahnya konsentrasi  $CO_2$  di udara hasil sekitar 29.25% selama 6 jam. Disamping itu teknologi ini diaplikasikan bersama dengan alat yang dapat menghasilkan  $CO_2$  untuk perangkap nyamuk yang dikembangkan dengan menggunakan media keramik sebagai supporting  $TiO_2$ -karbon aktif memiliki kinerja lebih efektif karena hasil nyamuk yang terperangkap lebih banyak sekitar 30% dari penelitian sebelumnya yaitu tidak menggunakan media dan  $TiO_2$ -karbon aktif dilangsung ditempelkan pada material *stainless steel*.

Kata kunci : Fotokatalis, Komposit,  $TiO_2$ , Karbon aktif

## ABSTRACT

*Research on use of ceramic materials as a medium- $TiO_2$  activated carbon photocatalytic which applied in environmental health has been conducted. The objective of this study was to find and determine the material (medium) as the attachment of  $TiO_2$  composite to generate the optimal adsorbent, furthermore this research was applied in the field of environmental health in its ability degrade to air pollutants, particularly CO and toluene. CO gas and toluene which will be degraded before and after the process was collected in the reactor then concentration is measured using a GC-FID. photocatalytic process generates  $CO_2$  and water vapor in the degradation of both air pollutants CO and toluene.  $CO_2$  concentration measurement is conducted by using a GC-FID. The result showed that ceramic is the optimal material for attachment of composite material compared with aluminum and stainless steel because the ceramic has a texture on the surface so as to bind the composite maximum. The ability of degradation of the air pollutants is 90% for CO and 41% for toluene, CO and toluene used as a model for pollutants in the air. The increasing of degraded pollutants, consequently increasing of  $CO_2$  concentrations in the air around 29.25% for 6 hours. Besides, this technology was applied along with the tools that can generate  $CO_2$  to trap mosquitoes which was developed by using ceramic media as  $TiO_2$ -supporting activated carbon has a more effective performance as the result of a mosquito trapped about 30% more than previous studies that sodium absorption ratio using the media and  $TiO_2$ - activated carbon material affixed to the stainless steel*

*Keywords* : Photocatalyst, Composite,  $TiO_2$ , Activated Carbon

## PENDAHULUAN

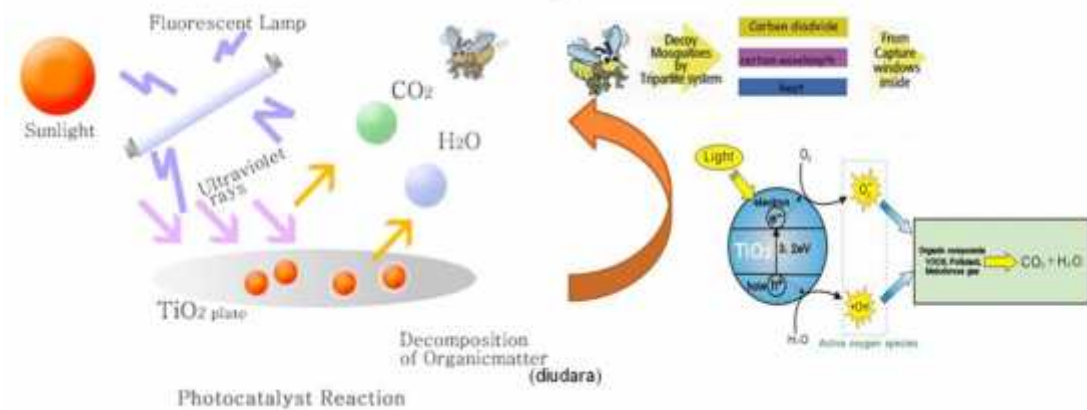
Material keramik memiliki karakteristik yang memungkinkan digunakan untuk berbagai aplikasi hal ini disebabkan karena keramik mempunyai kapasitas panas yang baik, konduktivitas panas yang rendah, tahan korosi, sifat listriknya sebagai insulator, bersifat semikonduktor, sebagai material konduktor bahkan superkonduktor, dapat bersifat magnetik dan non-magnetik, keras dan kuat, namun rapuh. Adapaun sifat termal penting bahan keramik adalah kapasitasnya sebagai penyimpan panas, koefisien ekspansi termal, dan konduktivitas termal. Kapasitas panas bahan adalah kemampuan bahan untuk mengabsorpsi panas dari lingkungan. Panas yang diserap disimpan oleh padatan dalam bentuk vibrasi (getaran) atom/ion penyusun padatan tersebut. Keramik biasanya material yang kuat, dan keras tahan korosi, kerapatan yang rendah dan juga titik lelehnya yang tinggi, membuat keramik merupakan material struktural yang menarik. Sehingga sifat tersebut sangat baik digunakan sebagai supporting material. Tetapi keterbatasan utama keramik adalah kerapuhannya, yakni kecenderungan untuk patah tiba-tiba dengan deformasi plastik yang sedikit

Sifat keramik yang rapuh, tahan korosi, keras dan kaku, ini bergantung pada ikatan kimianya. Ikatan kovalen memberi sifat dapat mengarahkan kepada kualitas kristal dan strukturnya lebih rumit dari ikatan logam atau ion, dimana struktur kristalnya digambarkan seperti bola-bola yang tersusun rapat, ikatan kovalennya sangat kuat sehingga kristalnya bersifat kuat dan mempunyai titik leleh yang tinggi serta sifat isolator yang baik. Proses fotokatalis merupakan kombinasi antara proses fotokimia dan katalis, yaitu proses sintesis atau transformasi secara kimiawi dengan melibatkan cahaya sebagai pemicu dan katalis untuk mempercepat proses transformasi tersebut. Katalis yang digunakan disebut fotokatalis karena mempunyai kemampuan dalam mengadsorpsi energi foton. Hal ini disebabkan bahan-bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai fotokatalis adalah bahan yang memiliki celah pita energi dan bahan yang dimaksud adalah semikonduktor. Sehingga keramik merupakan salah satu alternatif media semikonduktor yang tahan panas yang dapat digunakan untuk reaksi fotokatalis pada permukaan bahan.

Secara umum mekanisme fotokatalisis pada permukaan semikonduktor dapat dilihat pada gambar 1. Jika suatu semikonduktor terkena cahaya ( $h\nu$ ) dengan energi foton yang sesuai, maka elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi meninggalkan lubang positif di pita valensi ( $h^+$ ). Cahaya *UV (ultra violet)-A*, dengan panjang gelombang 365 nm, akan mengaktifkan  $TiO_2$  sebagai semikonduktor yang mempunyai celah pita energi 3,2 eV dengan cara menyediakan energi yang dibutuhkan elektron untuk tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi dan meninggalkan lubang positif ( $hole^+$  atau  $h^+$ ) pada pita valensi. Namun sebagian besar pasangan  $e^-$  dan  $h^+$  ini akan berekombinasi kembali baik di permukaan partikel atau di dalam *bulk* partikel. Peristiwa kombinasi ini mendominasi di dalam mekanisme fotokatalisis (Gunlazuardi dan Tjahjanto 2001). Nyamuk yang mendekat ke alat ini dapat disebabkan tertarik oleh adanya energi panas yang dihasilkan oleh adanya proses rekombinasi. Energi panas ataupun cahaya ini merupakan penarik nyamuk untuk mendekat karena karena nyamuk tertarik karena adanya energi panas yang dihasilkan menyerupai tubuh manusia.

Foton dari cahaya *UV (ultra Violet)* diabsorpsi oleh  $TiO_2$  sehingga dihasilkan pasangan elektron ( $e^-$ ) dan  $hole^+$  ( $h^+$ ).  $h^+$  yang terbentuk akan bereaksi dengan uap air di udara membentuk radikal hidroksil ( $*OH$ ), sedangkan elektron akan bereaksi dengan molekul oksigen membentuk radikal anion superoksida ( $*O_2^-$ ). Radikal tersebut sangat reaktif dan bekerjasama untuk mengoksidasi secara sempurna material organik (Vohra *et al.* 2006).

Peningkatan efisiensi dekomposisi fotokatalis dapat ditingkatkan dengan penambahan adsorben untuk mengkonsentrasikan polutan pada permukaan fotokatalis. Penggunaan adsorben dengan luas permukaan yang besar dan kapasitas adsorpsi tinggi misalnya dengan menggunakan zeolit, karbon aktif dan silika terbukti juga mampu meningkatkan aktivitas katalis. Karbon aktif adalah salah satu bentuk dari karbon yang diproses sehingga memiliki volume pori yang luar biasa besar sehingga memiliki luas permukaan yang besar untuk tempat terjadinya reaksi kimia.



Gambar 1. Ilustrasi proses fotokatalis dan hubungannya dengan ketertarikan nyamuk

Penggunaan karbon aktif sebagai penyangga memiliki kelebihan seperti tingkat porositas yang tinggi serta mudah dihasilkan dengan perlakuan panas atau kimiawi terhadap kayu, batu bara, tempurung kelapa dan gula (Slamet *et al.*2007). Karbon aktif berperan sebagai pusat dimana molekul organik diabsorpsi sebelum ditransfer ke pusat aktif dekomposisi yaitu teriluminasi. Adanya proses koagulasi dapat menghambat cahaya yang mengenai pusat aktif TiO<sub>2</sub>, untuk itu perlu ditingkatkan dispersi partikel TiO<sub>2</sub> supaya proses iluminasi tidak terjadi (Arana *et al.*2003). Penyangga katalis TiO<sub>2</sub> harus memiliki konfigurasi dan luas area yang besar sehingga memungkinkan radiasi UV ke seluruh partikel katalis berlangsung efisien karena dapat meningkatkan luas permukaan dan luas peninaran (Tomovska *et al.* 2007).

Adapun keuntungan menggunakan adsorben sebagai penyangga katalis TiO<sub>2</sub> menurut Matsuoka dan Anpo (2003), Takeda *et al.* (1995) dan Torimoto *et al.* (1996) antara lain dapat meningkatkan konsentrasi senyawa yang akan didegradasi pada sekitar ruang TiO<sub>2</sub>, sehingga dapat meningkatkan laju reaksi, meningkatkan adsorpsi katalis, jika adsorpsi meningkat maka kinetika fotokatalitik meningkat karena fotokatalis dapat langsung mengoksidasi polutan, penggunaan penyangga dapat mendispersikan fotokatalis TiO<sub>2</sub> sehingga luas permukaan katalis menjadi lebih besar dan fotokatalis menjadi lebih aktif, polutan teradsorpsi oleh penyangga kemudian dioksidasi oleh fotokatalis, polutan yang teradsorpsi oleh penyangga dapat langsung dioksidasi oleh fotokatalis menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O sehingga adsorben akan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menjadi jenuh.

Polutan yang seringkali menyebabkan polusi udara dan sering dijumpai di dalam ruangan adalah asap rokok. Rokok dibuat dari tanaman tropis Tembakau (*Nicotiana tobaccum*). Apabila dibakar, asap yang dihasilkan mengandung kurang lebih 4000 racun dengan 3 komponen utama yaitu nikotin, tar dan karbon monoksida. Karbon monoksida menyebabkan gangguan sistem pernafasan. Konsentrasi gas CO sampai 100 ppm masih dianggap aman jika kontak hanya sebentar. Gas CO sebanyak 30 ppm apabila dihisap manusia selama 8 jam akan menimbulkan rasa pusing dan mual. Orang yang merokok akan mengeluarkan asap rokok yang mengandung gas CO dengan konsentrasi lebih dari 20.000 ppm yang kemudian encer sekitar 400 ppm sampai dengan 5000 ppm selama dihisap. Selain itu komponen lain yang terdapat pada rokok yaitu fenol, aseton, formaldehid, hidrogen sianida, toluen dan lain-lain.

Proses fotokatalisis yang memanfaatkan energi foton dan katalis TiO<sub>2</sub> sangat potensial jika diaplikasikan sebagai alat pendegradasi polutan udara ruangan. Fotokatalisis mampu mendegradasi berbagai polutan udara ruangan yang kemudian menghasilkan CO<sub>2</sub> dan uap air dari proses katalisis yang sangat aman bagi lingkungan. Indonesia yang beriklim tropis memiliki suhu yang cenderung panas dan kelembaban yang cukup tinggi sehingga pertumbuhan nyamuk yang begitu pesat. Saat ini jumlah nyamuk sudah mencapai berlipat-lipat jumlah populasi penduduk di Indonesia (Bhayu 2008). Pertumbuhan nyamuk yang begitu pesat menyebabkan penyebaran penyakit oleh nyamuk dapat menyebar dengan cepat.

Indonesia memiliki iklim tropis yang menyebabkan pertumbuhan nyamuk sangat cepat. Seperti diketahui bahwa nyamuk dapat

menularkan berbagai penyakit ke manusia. Penggunaan obat pembasmi nyamuk untuk membunuh nyamuk dapat meningkatkan polusi di udara dan bersifat karsinogenik karena bahan pembasmi nyamuk memiliki bahan aktif organofosfat yang dilarang penggunaannya. Sehingga perlu dikembangkan alat perangkap nyamuk tanpa menggunakan bahan aktif kimia sehingga pembasmi nyamuk tersebut ramah terhadap lingkungan dan tidak merusak kesehatan manusia. Pengembangan alat perangkap nyamuk yaitu dengan menggunakan teknologi fotokatalisis. Teknologi ini memanfaatkan energi foton dan katalis  $\text{TiO}_2$ . Prinsip kerja teknologi fotokatalisis sebagai alat perangkap nyamuk adalah dengan memberi sinar UV terhadap  $\text{TiO}_2$  sehingga menghasilkan reaksi fotokatalisis aktif dan pelepasan hidrogen dengan kekuatan oksidasi tinggi. Proses tersebut juga dapat menghambat aktivitas virus dan melepaskan karbondioksida dan kelembaban untuk menguraikan materi bersifat negatif di udara. Adanya karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang bercampur udara lembab seolah-olah menyerupai kelembaban suhu tubuh manusia, ditambah dengan adanya pancaran sinar UV akan menyebabkan nyamuk tertarik menghampiri dan terhisap oleh adanya *blower* yang ada pada alat tersebut dan akhirnya nyamuk terperangkap akan mati karena terhidrasi. Untuk dapat mengoptimalkan kerja proses fotokatalisis digunakan adsorben sebagai penyangga fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Efektifitas dapat didukung dengan mengoptimalkan komposisi fotokatalis-adsorben dimana adsorben yang digunakan berupa karbon aktif.

Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan material (media) tempat menempelnya komposit  $\text{TiO}_2$ -adsorben yang optimal dan kemampuan mendegradasi terhadap polutan udara yaitu CO dan toluena.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain karbon aktif (*charcoal activated* pa Merck),  $\text{TiO}_2$  P25 Degussa, ethanol, TEOS (Tetra Etil Ortho Silikat), keramik, pelat aluminium, pelat *stainless steel*, lampu UV, standard gas CO 99,7 %, *toluene for chromatography* 99,7 %, dan standar  $\text{CO}_2$  99,7 %. Sedangkan peralatan yang digunakan antara lain Sonikasi *Chromtech*, oven *Memert*, furnace *Yamato*, *spray coating*, kompresor, SEM (*Scanning Electron Microscope*), XRF (*X-ray fluorescence*), syringe gas, GC-TCD (*Gas Chromatography - Thermal Conductivity*

*Detector*), GC-FID Shimadzu, alat reaktor uji, *hygrometer smart sensor AR867*.

### Metode

Tahapan pertama adalah membuat komposit, dilanjutkan tahapan kedua yaitu menentukan media paling optimal untuk dilapisi komposit serta melakukan pengujian untuk mengetahui kinerja komposit tersebut. Tahapan berikutnya adalah merancang sistem perangkap nyamuk yang dianggap paling optimal dan melakukan integrasi antara media komposit dan sistem yang telah dirancang.

Untuk mengetahui performa dan optimasi dari komposit yang telah didapatkan, dilakukan pengumpulan data dan informasi dengan variabel yang digunakan sebagai berikut:

#### a. Variasi waktu

Variasi waktu yang digunakan dalam penelitian ini terhadap penurunan gas polutan

#### b. Variasi penggunaan media komposit

Media yang digunakan untuk lapisan komposit adalah aluminium, *stainless steel*, dan keramik. Media tersebut dilapisi komposit  $\text{TiO}_2$ -karbon aktif dengan cara penyemprotan (*spray*). Dari ketiga media tersebut diperoleh data bahwa pelat *stainless steel* dan aluminium lebih licin sedangkan keramik sebaliknya dapat mengikat lapisan komposit dengan lebih baik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemilihan media komposit

Media yang digunakan untuk lapisan komposit adalah aluminium, *stainless steel*, dan keramik. Media tersebut dilapisi komposit  $\text{TiO}_2$ -karbon aktif dengan cara penyemprotan (*spray*), dari ketiga media tersebut untuk *stainless steel* dan aluminium lebih licin, sedangkan lapisan komposit keramik sebaliknya dapat mengikat lapisan komposit dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2

Gambar 2 menunjukkan bahwa dengan menggunakan media aluminium dan *stainless steel*, lapisan komposit tidak merata serta mudah terkelupas. Kelebihan penggunaan media keramik adalah lebih merata, mudah dibentuk, tahan panas, tidak diperlukan proses preparasi seperti pada media aluminium dan *stainless steel* sehingga mengurangi penggunaan bahan kimia. Selain itu media keramik juga mudah dipasang dan dilepas dari



Media Aluminium                      Media *Stainless Steel*                      Media Keramik  
 Gambar 2. Lapisan komposit nano TiO<sub>2</sub>-karbon aktif pada berbagai media



Gambar 3. Komposit nano TiO<sub>2</sub>-karbonaktif pada media bahan keramik dalam bentuk kemasan isi ulang

alat perangkap nyamuk. Kedua permukaan keramik dapat dilapisi komposit yang penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan besar ruang dan polutan di udara. Efisiensi penggunaan komposit dan lampu *UV* untuk ruang yang terbatas menggunakan satu permukaan komposit saja dengan hanya menyalakan lampu *UV* bagian atas atau bawah sehingga dapat dimungkinkan untuk memakai salah satu permukaan komposit. Komposit TiO<sub>2</sub>-karbon aktif pada media keramik dapat dibuat dalam bentuk kemasan isi ulang yang dapat dilihat pada Gambar 3.

**Perbandingan TiO<sub>2</sub>-Karbon aktif**

Pada penelitian ini perbandingan komposit nano TiO<sub>2</sub>-karbon aktif adalah 9:1, hal ini dikarenakan jika karbon aktif terlalu banyak (>10%), maka karbon aktif akan menutupi permukaan TiO<sub>2</sub> sehingga TiO<sub>2</sub> sulit mengadsorpsi cahaya dan bereaksi dengan polutan (Gao dan Liu 2005). Sebaliknya jika konsentrasi karbon aktif terlalu rendah akan mengakibatkan konsentrasi polutan di sekitar TiO<sub>2</sub> tidak cukup banyak. Menurut penelitian yang dilakukan Arana *et al.* (2003), kandungan karbon aktif yang sama dengan atau kurang dari 13 % akan menghasilkan distribusi TiO<sub>2</sub> yang

homogen di permukaan karbon aktif, distribusi yang heterogen didapat pada kandungan karbon aktif diatas 13%, yang menyebabkan konglomerasi. Kandungan karbon aktif yang tinggi, maka TiO<sub>2</sub> yang berfungsi sebagai tempat terjadinya degradasi polutan semakin tertutup.

**Aplikasinya Fotokatalis TiO<sub>2</sub> - Karbon Aktif pada Kesehatan Lingkungan dengan Media Supporting Keramik**

**Degradasi Gas Toluena dan Gas CO**

Secara teori, cahaya *UV-A* dengan panjang gelombang 365 nm, akan mengaktifkan TiO<sub>2</sub> sebagai semikonduktor yang mempunyai celah pita energi 3.2 eV dengan cara menyediakan energi yang dibutuhkan elektron untuk tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Elektron (e<sup>-</sup>) pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi dan meninggalkan lubang positif (*hole*<sup>+</sup> atau h<sup>+</sup>) pada pita valensi. Namun sebagian besar pasangan e<sup>-</sup> dan h<sup>+</sup> ini akan berkombinasi kembali baik di permukaan partikel atau di dalam *bulk* partikel. Peristiwa kombinasi ini mendominasi di dalam mekanisme fotokatalisis (Gunlazuardi 2001). Proses fotokatalisis mampu mendegradasi polutan udara menghasilkan CO<sub>2</sub> dan uap air. CO<sub>2</sub> dan energi panas yang dihasilkan mirip dengan

hembusan nafas dan suhu tubuh manusia, sehingga nyamuk tertarik untuk mendekat ke alat, terperangkap dan mati karena dehidrasi.

Pengujian kemampuan daya tarik terhadap nyamuk dan kemampuan degradasi polutan yang ada di udara menggunakan alat reaktor uji yang sebelumnya dilakukan tes kebocoran pada reaktor dengan memvakumkan ruang uji lalu diisi dengan gas Nitrogen yang digunakan sebagai media. Polutan udara menggunakan standar gas CO dan standar toluena yang dimasukkan ke dalam alat reaktor uji menggunakan *syringe*. Standar gas CO memiliki konsentrasi awal 99,7 % disuntikkan ke dalam alat reaktor uji sebesar 1 ml, sedangkan standar toluen sebesar 99,7% ditambahkan sebesar 1 ml. Gas polutan yang digunakan CO dan toluena hal ini disebabkan karena gas CO dan toluena merupakan dua komponen yang terdapat pada asap rokok. Dimana gas CO merupakan salah satu penyusun utama asap rokok, sedangkan toluen adalah gas yang mudah menguap yang juga terkandung pada asap rokok. Setelah gas polutan disuntikkan, kemudian alat reaktor uji dinyalakan. Agar gas polutan yang ditambahkan dapat bercampur homogen dan secara turbulen, maka ditempatkan kipas di bagian tengah alat untuk menyedot polutan dan bercampur secara homogen. Disaat lampu *UV* dan kipas dinyalakan, proses fotokatalis pada permukaan komposit mulai terjadi menghasilkan CO<sub>2</sub> dan uap air. Pengukuran uap air yang terbentuk dilakukan dengan cara meletakkan alat higrometer di dalam alat reaktor uji, didapatkan bahwa semakin lama waktu proses fotokatalisis semakin meningkat kadar kelembaban. Kadar kelembaban awal proses sebesar 60% meningkat menjadi 79% setelah dilakukan proses selama 4 jam, hal ini mengindikasikan bahwa terjadi proses degradasi polutan yang ada dengan proses fotokatalisis dengan bantuan sinar *UV*, sehingga polutan tersebut diubah menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O

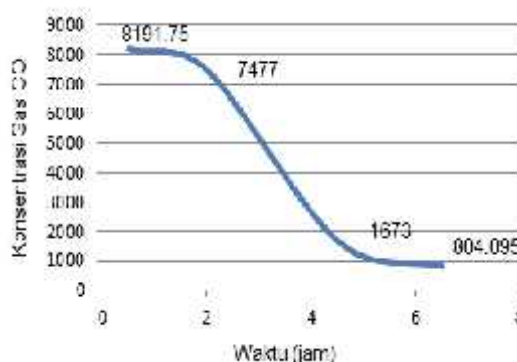
Pada alat reaktor uji lampu *UV* yang terpasang sebanyak 4 buah masing-masing sebesar 4 watt, 2 lampu pasang pada bagian atas dan 2 lainnya di pasang pada bagian bawah lapisan komposit. Kemampuan fotokatalis dalam menghasilkan radikal hidroksil sebagai oksidator sangat ditentukan oleh intensitas cahaya yang diterima oleh fotokatalis. Semakin besar intensitas cahaya *UV* yang sampai ke permukaan fotokatalis maka semakin besar pula radikal hidroksil yang dihasilkan.

Gas CO dan toluen membutuhkan waktu untuk berdistribusi sempurna dalam alat reaktor uji, sehingga perlu didiamkan beberapa saat.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Chaterine (2010) gas CO dan asetaldehida memerlukan waktu selama 30 menit untuk dapat berdistribusi sempurna, sehingga pada penelitian gas CO dan toluena didiamkan selama 30 menit sebelum dilakukan sampling. Gas CO dan toluene disampling setiap 2 jam untuk mengetahui konsentrasi penurunannya setelah diadsorb oleh komposit nano TiO<sub>2</sub>-karbon aktif yang menempel pada media keramik. Setiap sampling diambil sampel gas sebanyak 10 ml untuk gas CO, CO<sub>2</sub> dan sebanyak 10 ml gas toluena. Gas CO dan CO<sub>2</sub> hasil sampling selanjutnya dianalisa menggunakan *GC-FID* yang dilengkapi dengan alat *methanizer*. Alat *methanizer* merupakan alat yang berfungsi untuk merubah gas CO atau CO<sub>2</sub> menjadi gas metan dan dapat terbaca konsentrasinya melalui alat *GC FID*. Sedangkan hasil sampling gas toluena langsung dianalisa dengan alat *GC FID*. Hasil pengujian degradasi gas CO, degradasi gas toluene dan pengujian konsentrasi gas CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6.

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian kemampuan degradasi CO menggunakan media keramik. Setelah 6 jam, CO telah terdegradasi yang menunjukkan kurva sigmoid atau kurang lebih 90%, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan komposit TiO<sub>2</sub>-karbon aktif dengan perbandingan 9:1 efektif menurunkan kadar CO di udara sekitar 90%.

Konsentrasi gas CO sampai 100 ppm masih dianggap aman jika kontak hanya sebentar. Gas CO sebanyak 30 ppm apabila dihisap manusia selama 8 jam akan menimbulkan rasa pusing dan mual. Orang yang merokok akan mengeluarkan asap rokok yang mengandung gas CO dengan konsentrasi lebih dari 20.000 ppm yang kemudian encer sekitar 400 ppm sampai dengan 5000 ppm selama dihisap.



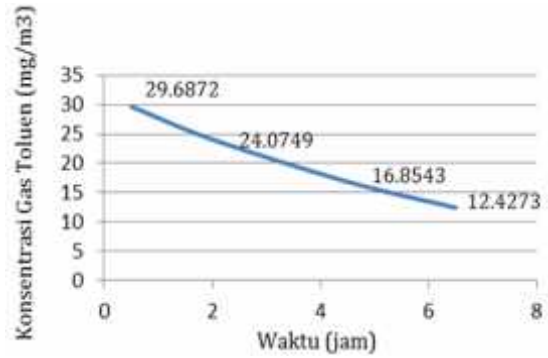
Gambar 4. Hasil pengujian degradasi Gas CO menggunakan media keramik



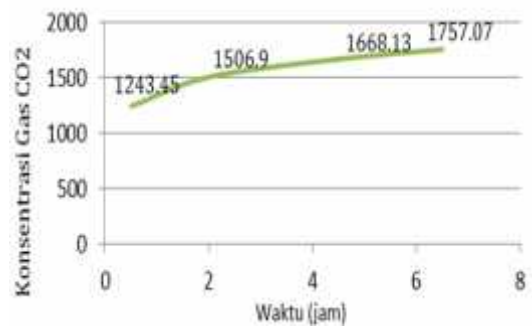
Gambar 5 menunjukkan degradasi selama 6 jam kurang lebih 41 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa toluena yang terdapat di asap rokok dapat terdegradasi kurang lebih 41%. Ini menunjukkan bahwa toluena memerlukan waktu yang lebih lama untuk terdegradasi secara sempurna. Hal ini kemungkinan bahwa inisial konsentrasi awal yang begitu tinggi dan volume alat reaktor uji yang terbatas dibandingkan toluen yang ada di udara bebas yang berasal dari asap rokok dengan konsentrasi yang kecil.

Kenaikan konsentrasi CO<sub>2</sub> ditunjukkan pada Gambar 6. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa dengan semakin banyaknya polutan yang terdegradasi, menyebabkan bertambahnya konsentrasi CO<sub>2</sub> diudara kurang lebih 29.25% selama 6 jam, hal ini disebabkan bahwa komposit yang dikenai sinar UV, akan menghasilkan radikal bebas yang sangat reaktif, yang akan mendegradasi pollutan organik di udara dan menghasikan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O material organik dengan adanya sinar UV. Tabel 1 menunjukkan hasil analisa uji XRF pada media keramik.

Pada Tabel 1 diperoleh data bahwa kandungan terbesar adalah Silikat (Si) yaitu sebesar 28,66%, kemudian Kalsium (Ca) dan Natrium (Na) masing-masing sebesar 4,52 % dan 1,69%.



Gambar 5. Hasil pengujian degradasi gas toluen menggunakan media keramik



Gambar 6. Hasil pengujian konsentrasi gas CO<sub>2</sub> menggunakan media keramik

Tabel 1. Hasil uji XRF pada media keramik

Unsur Kimia (Oksida/Elements)						
Oksida	Satuan	Jumlah	Elemen	Satuan	Jumlah	Sd
SiO <sub>2</sub>	%	61.29	Si	%	28.66	0.11
TiO <sub>2</sub>	%	0.0275	Ti	%	0.0165	0.0011
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.236	Al	%	0.125	0.008
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.115	Fe	%	0.0799	0.0033
MnO	%	-	Mn	%	-	-
CaO	%	6.32	Ca	%	4.52	0.08
MgO	%	0.145	Mg	%	0.0874	0.0039
Na <sub>2</sub> O	%	2.28	Na	%	1.69	0.06
K <sub>2</sub> O	%	0.0079	K	%	0.0064	0.0005
P	%	0.0036	P	%	0.0036	0.0005
SO <sub>3</sub>	%	0.0880	S	%	0.0352	0.0018
LOI	%	30.45	-	%	-	-
ZnO	%	0.0418	Zn	%	0.0336	0.0017
CuO	%	0.0024	Cu	%	0.0019	0.0003
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.0033	Cr	%	0.0023	0.0004
SnO <sub>2</sub>	%	0.0370	Sn	%	0.0291	0.0015

### Aplikasi pada Proses Rancangan Kerja Sistem Perangkap Nyamuk

Alat perangkap nyamuk menggunakan media keramik yang dilapisi komposit pada seluruh bagian (sisi atas dan bawah). Untuk meningkatkan optimalisasi maka jarak antara komposit dengan lampu *UV* diatur lebih dekat agar kemampuan degradasi polutan udara lebih efektif karena waktu kontak polutan udara ruang terhadap proses fotokatalisis yang terjadi sangat pendek. Sistem perangkap nyamuk terintegrasi dengan purifikasi udara dapat dilihat pada Gambar 7. Alat perangkap nyamuk yang dikembangkan ini memiliki dua sisi komposit aktif, yang dapat digunakan secara bersamaan maupun hanya pada 1 sisi aktif dengan menyesuaikan luas ruangan. Lampu *UV* yang digunakan pada alat perangkap nyamuk ini sebanyak 4 buah masing-masing sebesar 4 watt, yaitu 2 lampu *UV* di bagian atas komposit dan 2 lampu *UV* di bagian bawah komposit. Semakin besar intensitas cahaya yang digunakan maka proses fotokatalisis yang terjadi semakin besar sehingga proses degradasi polutan udara semakin optimal.

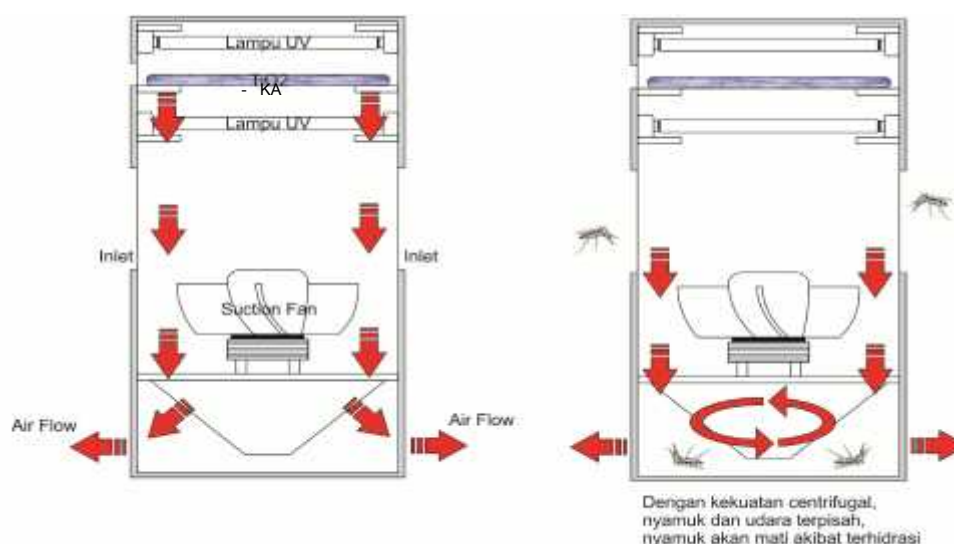
Pada Gambar 7 dapat dilihat prinsip kerja dari alat perangkap nyamuk yang dirancang. Dengan menyinari  $\text{TiO}_2$  dengan lampu *UV* maka akan dihasilkan  $\text{CO}_2$  yang akan terbawa oleh aliran udara yang dihasilkan oleh *suction fan*.  $\text{CO}_2$  yang terbawa udara tersebut akan memancing nyamuk untuk datang dan mendekat pada area *suction* sehingga secara otomatis terhisap dan terperangkap pada bagian bawah

perangkap nyamuk. Nyamuk akan mati karena tidak dapat keluar untuk mencari makan dan terdehidrasi.

### Uji Coba Alat Perangkap Nyamuk dengan Keramik sebagai Media Tempat Menempel Komposit

Hasil uji coba menggunakan alat perangkap nyamuk dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 memperlihatkan beberapa nyamuk dan serangga setelah terperangkap yang diletakkan di teras dan di dalam ruangan selama satu malam dari jam 21.00 sampai dengan jam 05.00 pagi (8 jam). Hal ini menunjukkan bahwa fotokatalisis mampu memikat dan mengkonsentrasikan nyamuk atau serangga untuk datang dan terperangkap dalam alat. Pada alat perangkap nyamuk dengan menggunakan media keramik didapatkan nyamuk lebih banyak sekitar 30% dibandingkan dengan perangkap nyamuk penelitian Ermawati *et al.* (2011). Jumlah nyamuk yang didapatkan tidak terlalu banyak dikarenakan *sampling* dilakukan pada musim hujan.

Teknologi yang digunakan pada alat perangkap nyamuk ini menggunakan keramik sebagai media komposit nano  $\text{TiO}_2$ -karbon aktif. Alat perangkap nyamuk yang dikembangkan ini memiliki 2 sisi komposit aktif, yang dapat digunakan secara bersamaan maupun hanya pada 1 sisi aktif dengan menyesuaikan luas ruangan. Prototipe alat perangkap nyamuk dapat dilihat pada Gambar 8.

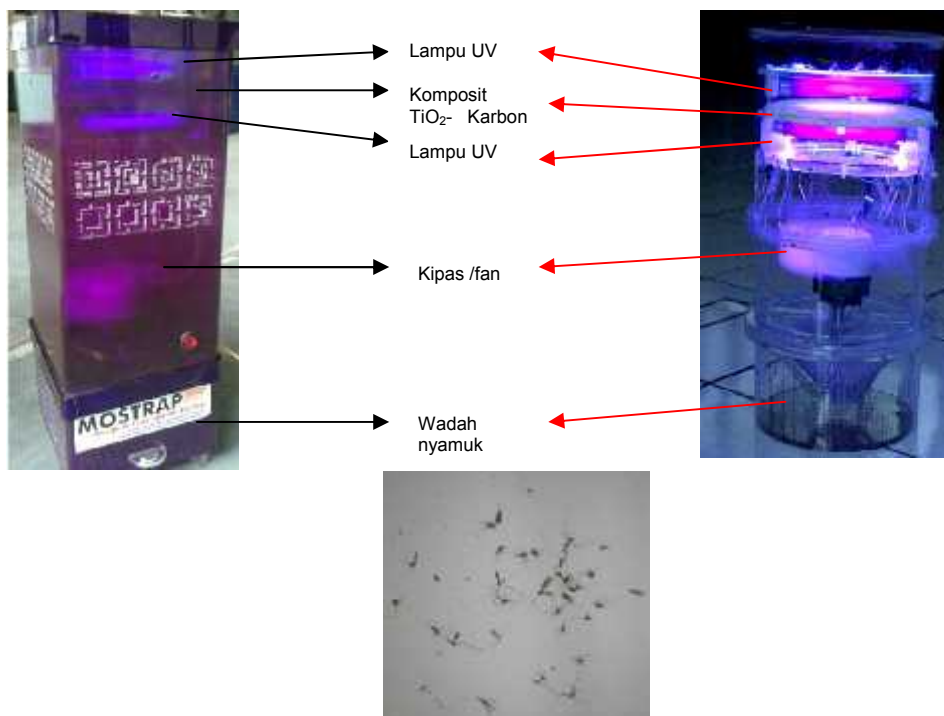


Gambar 7. Sistem perangkap nyamuk terintegrasi dengan purifikasi udara



Tabel 2. Jumlah Nyamuk Yang Terperangkap

Alat Perangkap Nyamuk	Jam	Lokasi	Jumlah Nyamuk	Rata-rata
Media plat aluminium (2011)	21.00 sampai 06.00	<i>Outdoor</i> (teras)	1. 22	23
			2. 24	
		<i>Indoor</i>	1. 11	
			2. 9	
Media keramik (2014)	21.00 sampai 06.00	<i>Outdoor</i> (teras)	1. 34	32
			2. 30	
		<i>Indoor</i>	1. 13	
			2. 17	



Gambar 8. Prototipe sistem perangkap nyamuk terintegrasi dengan purifikasi udara

Harga alat perangkap ini akan jauh lebih murah apabila diproduksi secara massal. Material kerangka alat ini dapat diganti dengan material lain yang lebih murah seperti plastik sesuai kebutuhan. Pemilihan material *acrylic* dilakukan dengan pertimbangan estetika yang lebih baik jika diletakkan dalam ruangan.

Pembuatan alat perangkap nyamuk ini diharapkan dapat bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan khususnya polutan udara.

## KESIMPULAN

Material media menempelnya komposit TiO<sub>2</sub>-adsorben yang optimal adalah keramik dibandingkan dengan aluminium maupun *stainless steel* karena keramik memiliki tekstur lebih kasar pada permukaannya sehingga dapat mengikat komposit lebih maksimal. Kemampuan degradasi terhadap polutan udara pada alat ini yaitu 90% untuk degradasi CO dan 41% untuk degradasi toluena sehingga alat ini juga memiliki kemampuan menjernihkan udara yang memberikan dampak kesehatan yang lebih baik bagi manusia di sekitarnya. Semakin banyak polutan terdegradasi, menyebabkan

bertambahnya konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara yaitu sekitar 29,25% selama 6 jam. Alat perangkap nyamuk yang dikembangkan ini memiliki 2 pilihan pengaktifan komposit yaitu 2 sisi komposit aktif yang dapat digunakan secara bersamaan ataupun hanya pada 1 sisi aktif. Pilihan pengaktifan ini disesuaikan dengan luas ruangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arana, J., J.M.D. Rodríguez, E.T. Rendon, C.G. Cabo, O.G. Díaz, J.A.H. Melián, J.P. Pena, G. Colón, and J.A. Navio. 2003. TiO<sub>2</sub> activation by using activated carbon as a support Part I. Surface characterisation and decantability study. *Applied catalysis B: environmental* 44 : 161–172
- Bhayu. 2008. Nyamuk. <http://lifeschool.wordpress.com/2008/06/06/nyamuk/>. (diakses 30 Desember 2014).
- Catherine. 2010. *Optimasi fotokatalis pada alat perangkap nyamuk dan pendegradasi polutan udara ruang secara simultan*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok. Indonesia.
- Ermawati, R., R. Yunilawati, dan C. Nuraeni. 2011. *Pembuatan lapis tipis nano partikel tio<sub>2</sub> dengan proses sol-gel untuk perangkap nyamuk*. Laporan Akhir. Balai Besar Kimia dan Kemasan.
- Gao, Y. And H. Liu. 2005. Preparation and catalytic property study of a novel kind of suspended photocatalyst of TiO<sub>2</sub>-activated carbon immobilized on silicone rubber film. *Mater. Chem. Phys.* 92: 604-608.
- Gunlazuardi, J., dan R.T. Tjahjanto, 2001. Preparasi lapisan tipis TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis: Keterkaitan antara ketebalan dan aktivitas fotokatalis. *Jurnal penelitian universitas indonesia* 5: 81-91.
- Matsuoka, M., and M. Anpo. 2003. Local structures, excited states, and photocatalytic reactivities of highly dispersed catalyst constructed within zeolites. *J. Photochem. and Photobiol. C : Photochem. Rev.* 3 :225-252.
- Slamet, S. Bismo, dan A. Rita. 2007. *Modifikasi zeolit alam dan karbon aktif dengan TiO<sub>2</sub> serta aplikasinya sebagai bahan adsorben dan fotokatalis untuk degradasi polutan organik*. Laporan penelitian Hibah Bersaing Universitas Indonesia.
- Takeda, N., T. Torimoto, S. Sampath, S. Kuwabata, and H. Yoneyama. 1995. Effect of inert support for titanium dioxide loading on enhancement of photodecomposition rate of gaseous propionaldehyde. *J. Phys. Chem.* 99 :9986-9991.
- Tomovska, M., M. Marinkovski, and R. Frajgar. 2007. *Nanotechnology-toxicological issues and environmental safety*. Netherland: Springer.
- Torimoto, T., S. Ito, S. Kuwabata, and H. Yoneyama. 1996. Effects of adsorbent used as supports for titanium dioxide loading on photocatalytic degradation of propylamide. *Environ. Sci. Technol.* 30:1275-1281.
- Vohra, A., D.Y. Goswarni, D.A. Deshpande, and S.S. Block. 2006. Enhanced photocatalytic disinfection of indoor air. *Appl. Catal.B: Environ.* 65: 57-65.