

UJI KINERJA FOTOKATALIS KOMPOSIT TiO_2 -GRAPHENE (cocoPAS) UNTUK DEGRADASI FENOL

Fadhila Ulfa¹⁾, Desi Heltina²⁾, Komalasari²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, 28293
Email: fadhila.ulfa@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Phenol is a chemical compound that is one of the hazardous industrial wastes. An excessive concentration of phenol can cause damage in the environment and human life. Phenol removal can be done by photocatalysis process using photocatalyst materials such as titanium dioxide (TiO_2). TiO_2 was composited with graphene to increase the photocatalytic activity of TiO_2 . Graphene was modified with cocoPAS before to disperse graphene when composited with TiO_2 . TiO_2 -Graphene (cocoPAS) composite was characterized by SEM. Based on the results of characterization, it can be seen that TiO_2 particle loaded on the graphene sheet which indicates that the composites have been successfully made. The performance of the TiO_2 -Graphene (cocoPAS) composite in phenol degradation was tested in a photocatalysis process for 4 hours. A variable in this photocatalysis process is photocatalysis temperature (40 and 50 °C). the most effective TiO_2 -Graphene (cocoPAS) composite performance was achieved when the photocatalysis temperature is 50 °C, which can degrade phenol by 97% in 4 hours.

Keywords: CocoPAS, degradation, photocatalysis, phenol, graphene, titanium dioxide

1. PENDAHULUAN

Fenol merupakan senyawa beracun yang bersumber dari beberapa industri kimia seperti industri minyak, plastik, aspirin, antiseptik, farmasi, penyulingan minyak dan bahan peledak (Gami, dkk., 2014). Tingginya kadar fenol di lingkungan dapat mengganggu ekosistem biologis dan siklus hara. (Al-Khalid dan El-Naas, 2012). Pada manusia, fenol dapat menyebabkan efek akut seperti iritasi kulit, terganggunya sistem saraf pusat yang dapat mengakibatkan pingsan dan koma serta dapat menyebabkan hipotermia (penurunan suhu tubuh) dan depresi miokardial. Sementara itu, efek kronis lainnya yang ditimbulkan yaitu anoreksia, gangguan saluran pencernaan, muntah-muntah, nyeri otot, dan gangguan syaraf. Fenol juga diduga

dapat menyebabkan kelumpuhan dan kanker (Nair, dkk., 2008).

Beberapa metode konvensional seperti metode biologi, adsorpsi, ekstraksi, pemisahan dengan membran dapat digunakan dalam pengolahan limbah fenol (Anku, dkk., 2017). Namun metode-metode tersebut masih memiliki kekurangan seperti memerlukan beberapa tahap pemrosesan, efisiensi rendah, biayanya tinggi dan masih menghasilkan limbah sekunder (Borji, dkk., 2014).

Fotokatalisis yang merupakan salah satu metode dari teknik proses oksidasi lanjut (AOP) dapat dipilih sebagai metode pengolahan limbah fenol. Keuntungan dari proses fotokatalisis adalah (i) tidak memerlukan penambahan agen oksidasi, sehingga tidak menimbulkan polusi sekunder; (ii)

waktu reaksi yang cepat; dan (iii) biaya operasi yang rendah (Fu, dkk., 2016).

Fotokatalisis merupakan reaksi kimia yang terjadi dengan adanya cahaya dan fotokatalis (Ameta dan Ameta, 2017). Bahan fotokatalis yang umum digunakan adalah titanium dioksida (TiO_2) karena stabilitas yang baik, tidak beracun dan harganya rendah (Aleksandrak, dkk., 2015). Elektron dan *hole* pada TiO_2 memiliki kecenderungan untuk menyatu sehingga efisiensi fotokatalisis dapat berkurang (Bak, dkk., 2002). Salah satu cara untuk mencegah rekombinasi elektron dan *hole* pada TiO_2 sehingga efisiensi fotokatalisis dapat meningkat adalah menyatukan TiO_2 dengan logam atau semikonduktor lainnya, seperti bahan karbon nanomaterial yaitu *graphene* (Cheng, dkk., 2012).

Pembuatan komposit TiO_2 -*Graphene* menunjukkan hasil morfologi yang berbentuk gumpalan serta efek yang diberikan oleh ikatan antara TiO_2 dan *graphene* yang rendah. Modifikasi komposit TiO_2 -*Graphene* dengan surfaktan merupakan metode yang efektif untuk mengendalikan morfologi serta strukturnya. Salah satu surfaktan yang dapat digunakan adalah surfaktan cocoPAS (*Coconut Oil-Based Primary Alkyl Sulphate*). Surfaktan cocoPAS merupakan surfaktan anionik yang terbuat dari minyak kelapa sehingga ramah lingkungan. Efek dari penambahan surfaktan yaitu dapat meningkatkan efek sinergis adsorpsi-fotokatalisis antara *graphene* dan TiO_2 . Selain itu morfologi TiO_2 yang tumbuh dengan kuat pada permukaan *graphene*, dapat secara efisien memisahkan elektron dan *hole* (Hu, dkk., 2017).

Graphene memiliki potensi besar untuk membentuk komposit dengan partikel TiO_2 yang akan digunakan sebagai katalis dalam proses fotokatalisis untuk mendegradasi senyawa organik, khususnya fenol dan juga modifikasi dengan surfaktan cocoPAS dapat

meningkatkan kinerja fotokatalis TiO_2 -*Graphene*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja komposit TiO_2 -*Graphene* (cocoPAS) dalam mendegradasi fenol pada variasi suhu degradasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan dan alat yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *graphene* (Hongwu International Group Ltd.), titanium dioksida (TiO_2), cocoPAS (*Coconut Oil-Based Primary Alkyl Sulphate*), HNO_3 , akuades dan fenol.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hotplate magnetic stirrer*, sonikator, oven, reaktor kalsinasi, pompa vakum, *centrifuge*, gelas kimia dan rangkaian alat fotoreaktor.

2.2 Variabel penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini adalah massa *graphene* 1 gram, massa cocoPAS 0,5 gram, massa *graphene* (cocoPAS) 0,015 gram, massa TiO_2 1 gram, volume akuades 100 mL, kecepatan pengadukan 300 rpm, suhu kalsinasi 400 °C, massa komposit TiO_2 -*Graphene* (cocoPAS) 0,3 gram, konsentrasi fenol 20 ppm, lama waktu proses fotokatalisis 4 jam.

Variabel berubah pada penelitian ini adalah suhu fotokatalisis yaitu 40 °C dan 50 °C.

2.3 Prosedur penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari modifikasi *graphene* dengan surfaktan cocoPAS, pembuatan komposit TiO_2 -*Graphene* (cocoPAS) dan uji kinerja komposit TiO_2 -*Graphene* (cocoPAS) dalam mendegradasi fenol. Modifikasi *graphene* dilakukan dengan cara mencampurkan 1 gram *graphene* dan 0,5 gram cocoPAS dalam akuades 100 mL lalu kemudian disonikasi selama 1 jam. Larutan dikeringkan pada suhu 100 – 110 °C sehingga diperoleh padatan

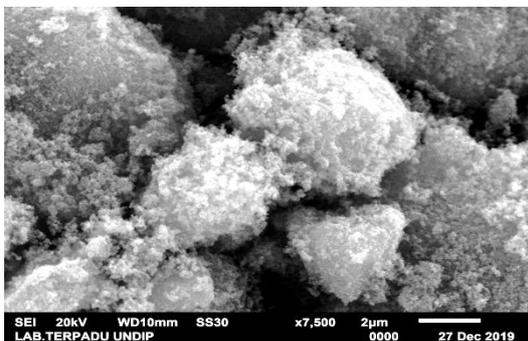
graphene yang telah dimodifikasi (*Graphene (cocoPAS)*).

Graphene (cocoPAS) sebesar 0,015 gram dimasukkan kedalam akuades 100 mL lalu kemudian disonikasi selama 30 menit. Selanjutnya ditambahkan 1 gram TiO_2 dan disonikasi kembali selama 30 menit. Campuran lalu diaduk dengan kecepatan 300 rpm selama 3 jam dalam kondisi asam pada $\text{pH} = 3$. Setelah pengadukan, campuran dikeringkan lalu kemudian padatan komposit dikalsinasi selama 2 jam dengan suhu kalsinasi 400°C . Komposit TiO_2 -*Graphene (cocoPAS)* diuji karakterisasi yaitu SEM serta diuji aktivitas fotokatalisisnya dalam mendegradasi fenol.

Komposit sebesar 0,3 gram dimasukkan ke dalam larutan fenol 20 ppm dengan volume 300 mL. Campuran diaduk dengan kecepatan 300 rpm pada suhu 40°C dan 50°C . Uji kinerja komposit dilakukan selama 4 jam dengan kondisi *light on*. Sampel diambil setiap 30 menit. Konsentrasi fenol dari sampel dianalisis dengan Spektrofotometer UV-Vis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dipelajari pengaruh suhu fotokatalisis terhadap efisiensi degradasi. Efisiensi aktivitas kinerja komposit TiO_2 -*Graphene (cocoPAS)* juga didukung oleh hasil karakterisasi. Hasil karakterisasi SEM komposit TiO_2 - *Graphene (cocoPAS)* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Karakterisasi SEM Komposit TiO_2 -*Graphene (cocoPAS)*

Menurut Wei dkk. (2015) morfologi *graphene* berbentuk seperti lembaran-lembaran sedangkan menurut Rahimi dkk. (2014) morfologi partikel TiO_2 berbentuk bola dan teraglomerasi menjadi partikel yang lebih besar. Pada Gambar 1. dapat dilihat bahwa terdapatnya lembaran *graphene* dan partikel TiO_2 termuat pada lembaran *graphene*. Termuatnya partikel TiO_2 diatas lembaran *graphene* menunjukkan terjadinya ikatan antara TiO_2 dan *graphene* yang membuktikan telah terbentuknya komposit.

Lembaran *graphene* bertindak sebagai jembatan yang menghubungkan antara masing-masing TiO_2 nanopartikel, dan secara signifikan dapat meningkatkan pemisahan pasangan elektron dan *hole* fotogenerasi serta meningkatkan aktivitas fotokatalisis (Rahimi, dkk., 2014).

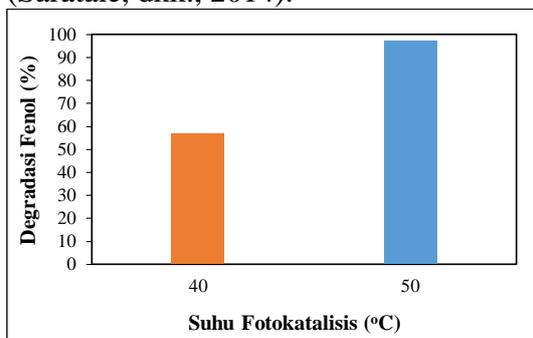


Gambar 2. Hasil Degradasi Fenol menggunakan Komposit TiO_2 -*Graphene (cocoPAS)*

Uji kinerja komposisi TiO_2 -*Graphene (cocoPAS)* dalam mendegradasi fenol dilakukan selama 4 jam. Hasil kinerja komposit dapat dilihat pada Gambar 2. terlihat bahwa warna pada sampel semakin ke kanan semakin memudar. Hal ini disebabkan adanya penurunan konsentrasi fenol terhadap waktu degradasi. Konsentrasi fenol dianalisis dengan spektrofotometer Uv-Vis.

Pengaruh suhu proses fotokatalisis terhadap degradasi fenol dapat dilihat pada Gambar 3. Terlihat bahwa pada suhu 50°C diperoleh persen degradasi sebesar 97% lebih tinggi dibandingkan persen degradasi pada suhu fotokatalisis

40 °C yaitu sebesar 57%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkatnya suhu fotokatalisis maka persen degradasi semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan kenaikan suhu dapat meningkatkan laju reaksi dan akibatnya memberikan efek pada reaksi penguraian bahan organik. Efektivitas penguraian fenol lebih meningkat pada suhu yang lebih tinggi karena meningkatnya frekuensi tumbukan molekul fenol. Pada reaksi fotokatalisis, ketika suhu larutan meningkat maka persen degradasi fenol meningkat, peningkatan ini disebabkan oleh oksidasi hidrogen menjadi air selain itu juga disebabkan oleh peningkatan laju reaksi antara molekul fenol dan OH radikal (Saratale, dkk., 2014).



Gambar 3. Pengaruh Suhu Fotokatalisis terhadap Degradasi Fenol

4. KESIMPULAN

Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa TiO₂ termuat pada lembaran *graphene* yang membuktikan telah terbentuknya komposit. Uji kinerja komposit TiO₂-*graphene* (cocoPAS) yang paling efektif dalam mendegradasi fenol diperoleh pada suhu fotokatalisis 50 °C dengan persen degradasi fenol sebesar 97%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada RISTEKDIKTI atas pembiayaan penelitian ini pada tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

Aleksandrak, M., Adamski, P., Kukułka, W., Zielinska, B., & Mijowska,

E. (2015). Effect of graphene thickness on photocatalytic activity of TiO₂-graphene nanocomposites. *Applied Surface Science*, 331, 193–199.

Al-Khalid, T., & El-Naas, M. H. (2012). Aerobic biodegradation of phenols: A comprehensive review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(16), 1631–1690.

Ameta, R., & Ameta, S. (2016). *Photocatalysis Principle and Application*. Boca Raton: CRC Press.

Anku, W. W., Mamo, M. A., & Govender, P. P. (2017). Phenolic Compounds in Water: Sources, Reactivity, Toxicity and Treatment Methods. In *Phenolic Compounds - Natural Sources, Importance and Applications*.

Bak, T., Nowotny, J., Rekas, M., & Sorrell, C. C. (2002). Photo-electrochemical hydrogen generation from water using solar energy. Materials-related aspects. *International Journal of Hydrogen Energy*, 27(10), 991–1022.

Borji, S.H., Nasser, S., Mahvi, A.H., Nabizadeh, R. & Javadi, A.H. (2014). Investigation of photocatalytic degradation of phenol by Fe(III)-doped TiO₂ and TiO₂ nanoparticles. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12, 1–10.

Cheng, P., Yang, Z., Wang, H., Cheng, W., Chen, M. & Shangguan, W. (2012). TiO₂-graphene nanocomposites for photocatalytic hydrogen production from splitting water. *Int J Hydrogen Energy*, 37, 2224.

Fu, C. C., Juang, R. S., Huq, M. M., & Hsieh, C. Te. (2016). Enhanced

- adsorption and photodegradation of phenol in aqueous suspensions of titania/graphene oxide composite catalysts. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 67, 338–345.
- Hu, J., Li, H., Muhammad, S., Wu, Q., Zhao, Y., & Jiao, Q. (2017). Surfactant-assisted hydrothermal synthesis of TiO₂/reduced graphene oxide nanocomposites and their photocatalytic performances. *Journal of Solid State Chemistry*, 253, 113–120.
- Nair, C. I., Jayachandran, K., & Shashidar, S. (2008). Biodegradation of phenol. *African Journal of Biotechnology*, 7, 4951- 4958.
- Rahimi, R., Zargari, S., & Sadat Shojaei, Z. (2014). Photoelectrochemical Investigation of TiO₂-Graphene Nanocomposites. *Conference Paper* November (2014).
- Saratale, R. G., Noh, H. S., Song, J. Y., & Kim, D. S. (2014). Influence of parameters on the photocatalytic degradation of phenolic contaminants in wastewater using TiO₂/UV system. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 49(13), 1542–1552.
- Wei, J., Atif, R., Vo, T., & Inam, F. (2015). Graphene Nanoplatelets in Epoxy System: Dispersion, Reaggregation, and Mechanical Properties of Nanocomposites. *Journal of Nanomaterials*, 2015.