



# Pengembangan Lapis Tipis TiO<sub>2</sub> Termodifikasi Karbon Sebagai Fotokatalis Dalam Sistem Pengolahan Limbah Tekstil Berbasis Ozonasi Menjadi Air Bersih

Intan Ayu Zuhaela<sup>1</sup>, Mutiara Regita Cahyani<sup>1</sup>, Rifania Aura Nuzula<sup>1</sup>, Teguh Endah Saraswati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126 Indonesia

Corresponding author: teguh@mipa.uns.ac.id

**Abstrak.** Limbah zat warna industri tekstil mengandung senyawa kimia yang sulit terdegradasi secara konvensional. Penelitian ini memberikan solusi dalam pengolahan limbah zat warna industri tekstil menjadi air bersih dengan metode yang lebih efisien dan ekonomis yaitu fotokatalisis TiO<sub>2</sub>-Karbon berkombinasi plasma DBD. Proses degradasi limbah zat warna industri tekstil dilakukan setelah proses optimasi variasi fotokatalis TiO<sub>2</sub> termodifikasi karbon (grafit dan karbon aktif) berkombinasi plasma DBD menggunakan zat warna metilen biru dengan variasi waktu 0, 2, 4, 6, 8, 10 menit. Hasil optimasi fotokatalis yaitu TiO<sub>2</sub>-grafit dengan waktu optimum 6 menit digunakan untuk degradasi limbah zat warna industri tekstil dengan variasi waktu 0, 10, 15 menit. Degradasi limbah industri tekstil menunjukkan keberhasilan ditandai dengan perubahan warna menjadi tidak berwarna dengan %efisiensi degradasi sebesar 79,06% pada 15 menit perlakuan.

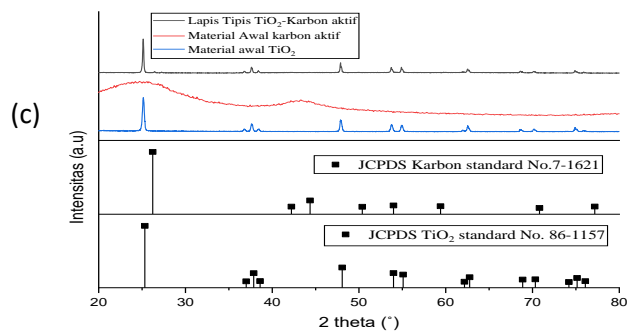
## 1. PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu penyumbang limbah cair di lingkungan. Limbah industri mengandung bahan organik yang sulit untuk terurai, sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan perairan. Limbah industri tekstil mengandung polutan seperti kadmium (Cd), serta bahan-bahan pencemar kompleks yang memiliki intensitas warna yang tinggi [1]. Polutan dapat mengalami dekomposisi oleh cahaya matahari secara alami, namun reaksi ini berlangsung lama. Limbah industri tekstil mengandung Cd yang dapat mengakibatkan penyakit berbahaya seperti paru-paru, liver, hipertensi, dan gangguan ginjal [2]. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kadar zat warna diantaranya fotodegradasi, elektrokatalitik, koagulasi, adsorpsi dan fotokatalisis. Metode fotokatalisis membutuhkan suatu material padatan solid semikonduktor yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Beberapa material fotokatalis yang dapat digunakan pada metode fotokatalisis adalah TiO<sub>2</sub> [3], BiVO<sub>4</sub>, dan CeO<sub>2</sub> [4]. TiO<sub>2</sub> merupakan material fotokatalis yang paling efisien bila dibandingkan dengan material fotokatalis yang lain, hal ini disebabkan karena stabil, memiliki aktifitas fotokatalisis tinggi [5], ekonomis, dan nontoxic [6]. Namun, TiO<sub>2</sub> memiliki kekurangan yaitu TiO<sub>2</sub> memiliki kemampuan adsorpsi yang kurang maksimal [7].

Karbon dan alotroponya seperti grafit, karbon aktif, grafin, *carbon nanotube* (CNT), dan fullerena dapat menambah efisiensi fotokatalis TiO<sub>2</sub> karena karbon dapat melebarkan panjang gelombang kerja fotokatalisis dari TiO<sub>2</sub> pada area cahaya sinar tampak dan mengoptimalkan kerja fotokatalis TiO<sub>2</sub> [8]. Grafit adalah salah satu alotrop karbon yang dapat memperluas kemampuan adsorpsi cahaya serta dapat memperlambat rekombinasi TiO<sub>2</sub>. Hal ini disebabkan karena grafit memiliki kemampuan mobilitas pembawa muatan tinggi, konduksi thermal, serta memiliki kekuatan mekanik dan suhu yang tinggi [9]. Pemilihan karbon aktif yang berfungsi sebagai doping TiO<sub>2</sub> dikarenakan adanya karbon aktif dapat menyebabkan panjang gelombang TiO<sub>2</sub> melebar, sehingga fotokatalis TiO<sub>2</sub> lebih optimal. Karbon aktif memiliki struktur pori yang baik, serta karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar, yaitu sebesar 300-200 m<sup>2</sup>/gram [10]. Adanya karbon aktif pada material TiO<sub>2</sub> juga dapat mencegah hasil aktivasi TiO<sub>2</sub> mengalami rekombinasi elektron (e<sup>-</sup>) dan *hole* (h<sup>+</sup>) sehingga polutan organik yang terkandung dalam zat warna dan H<sub>2</sub> akan terinduksi menjadi OH• [11]. Metode plasma DBD memiliki berbagai kelebihan bila dibandingkan dengan metode plasma yang lain, yaitu tidak menimbulkan polusi suara dan tidak korosi [12]. Teknologi plasma dapat menghilangkan polutan organik yang



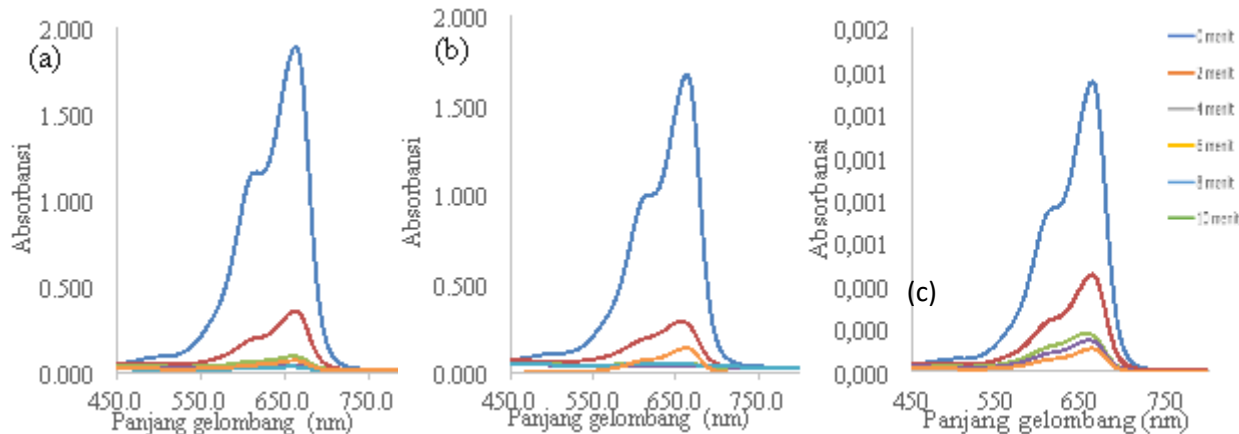




**Gambar 2.** Puncak difraktogram pada lapis tipis; (a) TiO<sub>2</sub>, (b) TiO<sub>2</sub>-G (c) TiO<sub>2</sub>-KA.

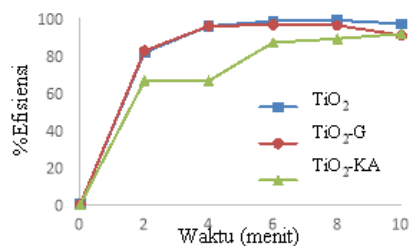
### 3.3. Optimasi Uji Degradasi Zat Warna Metilen Biru

Proses fotodegradasi menghasilkan elektron ( $e^-$ ) dan *hole* ( $h^+$ ) karena terjadi loncatan elektron pita valensi ke pita konduksi.  $h^+$  akan membentuk radikal hidroksil ( $OH\cdot$ ) saat berinteraksi dengan air. Loncatan elektron yang turun ke pita energi karbon akan terjadi proses eksitasi, sehingga loncatan elektron ke pita konduksi lebih mudah karena jarak anatar celah pita lebih pendek. Pada lapis tipis radikal yang diperoleh bersifat aktif sehingga mampu digunakan untuk menguraikan senyawa organik target larutan zat warna metilen biru ( $C_{16}H_{18}ClN_3S$ ) menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Keberhasilan degradasi zat warna metilen biru dilihat dari besar nilai absorbansi yang semakin menurun yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Absorbansi zat warna metilen biru setelah *treatment* dengan (a) lapis tipis TiO<sub>2</sub>, (b) lapis tipis TiO<sub>2</sub>-G, (c) lapis tipis TiO<sub>2</sub>-KA

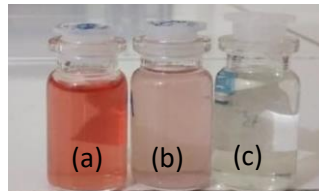
Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui besar persentase efisiensi degradasi serta dapat diketahui formulasi material paling efisien yang kemudian diaplikasikan pada limbah industri tekstil.



**Gambar 4.** Grafik %Efisiensi degradasi zat warna metilen biru versus variasi waktu untuk setiap fotokatalis.

### 3.4. Uji Degradasi Limbah Zat Warna Industri Tekstil

Limbah zat warna industri tekstil hasil *treatment* dengan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-G berkombinasi plasma DBD dapat dilihat keberhasilan proses degradasi dari perubahan warna yang terjadi seperti pada Gambar 5. Selanjutnya hasil degradasi limbah zat warna industri tekstil dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui penurunan nilai absorbansi dan hasil %efisiensi degradasi setiap variasi waktu dilihat pada Tabel 2.



**Gambar 5.** Perubahan warna degradasi limbah zat warna industri tekstil dengan variasi waktu (a) 0 menit, (b) 10 menit, (c) 15 menit

**Tabel 2.** %Efisiensi degradasi limbah zat warna industri tekstil dengan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-G berkombinasi plasma DBD

Variasi Waktu	% Efisiensi
0 menit	0
10 menit	43,98
15 menit	79,06

## 4. KESIMPULAN

Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-karbon berkombinasi plasma DBD bisa digunakan sebagai metode alternatif dalam penanganan limbah industri tekstil berskala besar karena ekonomis, tidak menimbulkan polusi baru dan efisien. Lapis tipis TiO<sub>2</sub>-G merupakan material fotokatalis yang optimum digunakan sebagai aplikasi pengolahan limbah. Keberhasilan penelitian ditunjukkan dengan perubahan warna limbah industri tekstil menjadi tidak berwarna dengan %efisiensi degradasi sebesar 79,06% selama 15 menit perlakuan.

## 5. REFERENSI

- [1] Rosyida, A., dan Zulfiya, A. 2013. Pewarnaan Bahan Tekstil dengan Menggunakan Ekstrak Kayu Nangka dan Teknik Pewarnaannya untuk Mendapatkan Hasil yang Optimal. *Jurnal Rekayasa Proses*, 7:52-58.
- [2] Rohayati, Z., Fajrin, M. M., Rua, J., Yulan, dan Riyanto. 2017. Pengolahan Limbah industri Tekstil Berbasis *Green Technology* menggunakan Metode Gabungan Elektrodegradasi Elektrokolorisasi. *Chem. et Natura Acta*. 5:95-100.
- [3] Shayegan, Z., Lee, C., dan Haghghat, F. 2018. TiO<sub>2</sub> Photocatalyst for Removal of Volatile Organic Compounds in Gas Phase- A Review. *Chem. Eng. J.* 334:2408-2439.
- [4] Wetchakun, N., Chaiwichain, S., Inceesungvorn, B., Pingmuang, K., Phanichphant, S., Minett, A.I. dan Chen, J., 2012. BiVO<sub>4</sub>/CeO<sub>2</sub> Nanocomposites with High Visible-light-induced Photocatalytic Activity. *ACS appl. Mat. & interf.* 4: 3718-3723.
- [5] Choi, K., Park, S., Park, B. J., dan Jung, J. 2017. Recyclable Ag-coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-TiO<sub>2</sub> for Efficient Photocatalytic of Chlorophenol. *Surf. Coat. Tech.* 3(1): 7-13.
- [6] Zhang, Y., Zeng, W., Ye, H., dan Li, Y. 2018. Enhanced Carbon Monoxide Sensing Properties of TiO<sub>2</sub> with Exposed (0 0 1) Faced: A Combined First-principle and Experimental Study. *Appl. Surf. Sci.* 442:507-516.
- [7] Nguyen, C. H., Fu, C-C., Juang, R-S. 2018. Degradation of Methylene Blue and Methyl Orange by Palladium-Doped TiO<sub>2</sub> Photocatalysis for Water Reuse: Efficiency and Degradation Pathways. *J. Cleaner Pro.* 202: 413-427.



- [8] Zhang, H., Lv, X., Li, Y., Wang, Y. & Li, J. 2009. P25-graphene composite as a high performance photocatalyst. *ACS nano*, 4:380-386
- [9] Vaiano, V., Sacco, O. dan Matarangolo, M. 2018. *Photocatalytic Degradation of Paracetamol under UV Irradiation using TiO<sub>2</sub>-graphite Composites*. *Catalysis Today*, 315: 230-236.
- [10] Laos, L. E., Masturi dan Yulianti, I. 2016. Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 5:135-140.
- [11] Alalm, M. G., Tawfik, A., dan Ookawara, S. 2016. Enhancement of Photocatalytic Activity of TiO<sub>2</sub> by Immobilization on Activated Carbon for Degradation of Pharmaceuticals. *J. Environ. Chem. Eng.* 4: 1929-1237.
- [12] Hazmi, A., Desmiarti, R., Waldi, E. P. dan Hadiwibowo, A. 2012. *Penghilangan Mikroorganisme dalam Air Minum dengan Dielectric Barrier Discharge*. *Jurnal Rekayasa Elektroika*, 10(1): 1-4.
- [13] Tutu, R., Subaer, S. & Usman, U. J. J. S. D. P. F. 2015. Studi Analisis Karakterisasi Dan Mikrostruktur Mineral Sedimen Sumber Air Panas Sulili Di Kabupaten Pinrang. 11, 192-201.