

Degradasi Pewarna *Methylene Blue* (MB) Menggunakan Fotokatalis WO_3/Fe_2O_3 dengan Perbantuan Cahaya Matahari

¹Hendri Widiyandari dan Burhanudin Syam

Departemen of Physics, Faculty of Science and Mathematic, Diponegoro University, Jl. Prof. H.

Soedarto SH, Semarang, Central Java 50275, Indonesia

Email : h.widiyandari@undip.ac.id

ABSTRACT

Degradation of dangerous pollutant with photocatalyst under solar or visible light radiation was a smart solution for environment pollution complication specifically for wastewater. an efficient photocatalyst which works at under wide spectrum from solar radiation. We reported the of tungsten oxide/ferric oxide (WO_3/Fe_2O_3) composite with 6 variant weight ratio Fe additive (0%, 2%, 4%, and 6%)..

Methylene blue photodegradation result showed, the decrease intensity of C/C_0 concentration more faster and constant especially for 6% additive co-catalyst Fe. Then, the photodegradation sample has result more pure than 5 sample others.

Keywords: WO_3/Fe_2O_3 , Photodegradation, photodeposition method, composite material, co-catalyst

INTRODUCTION

Di kota-kota besar, sumber air baku umumnya dicemari oleh limbah industri [1]. Sungai-sungai di kawasan industri kebanyakan menjadi pembuangan dari industri, terutama industri tekstil. Beberapa contoh limbah industri yang berbahaya diantaranya adalah limbah cair sisa pencucian dan penyelupan bahan tekstil, limbah dari rumah sakit dan limbah dari industri yang pada proses produksinya menggunakan zat-zat kimia. Industri pencelupan benang merupakan salah satu industri tekstil yang berkembang di Indonesia [2].

Limbah cair lingkungan industri tekstil memberikan pengaruh paling luas, karena karakteristik fisik maupun karakteristik kimia perairan dapat memberikan dampak negatif terhadap perairan. Teknologi pengolahan limbah cair baik secara biologi, kimia, fisika maupun kombinasi antara ketiga proses tersebut dapat digunakan untuk mengelolah limbah cair yang terkena pewarna.

Beberapa teknologi alternatif yang digunakan untuk mengolah limbah cair yang mengandung zat pewarna yang ada dalam limbah cair, misalnya dengan teknik koagulasi, flokulasi, adsorpsi dengan karbon aktif. Penghilangan warna dengan proses koagulasi, flokulasi, adsorpsi dengan karbon aktif sifatnya hanya memindahkan zat warna dari fase cair kedalam

fase padat, bukan menguraikan senyawa-senyawa kompleks pembentukan warna. Partikel-partikel warna yang menggumpal bersama bahan perlu diproses lebih lanjut sehingga tidak menimbulkan pencemaran lanjutan atau limbah baru [3].

Degradasi polutan berbahaya menggunakan fotokatalis di bawah iradiasi sinar matahari adalah solusi cerdas untuk masalah lingkungan. Tantangan terbesar adalah menemukan fotokatalis yang efisien yang bekerja dibawah spectrum yang luas dari iradiasi sinar matahari. Titania (TiO_2) adalah fotokatalis yang telah diteliti secara menyeluruh untuk degradasi polutan berbahaya. Sayangnya Titania (TiO_2) hanya aktif di bawah radiasi ultraviolet (UV), karena celah pita yang besar (anatase, 3,2 eV (387 nm). Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kemampuan TiO_2 sehingga mampu bekerja pada panjang gelombang cahaya tampak seperti mendoping unsur TiO_2 dengan nitrogen, karbon, sulfur, dan boron. Namun, efisiensi kuantum di bawah iradiasi cahaya tampak masih jauh lebih rendah daripada berada di bawah radiasi ultraviolet (UV). Tungsten Oksida (WO_3) adalah fotokatalis yang menjanjikan di bawah iradiasi cahaya tampak (*Visible Light*) karena celah pita yang kecil (2,7-2,8 eV) [4]. Tungsten oksida (WO_3) merupakan bahan semikonduktor tipe-n [5] dengan energi gap $\sim 2,7-2,8$ eV sehingga peka terhadap cahaya

tampak dan memiliki fotoabsorpsi cahaya tampak yang lebih baik [6].

Metode yang digunakan untuk mendeposisi film WO_3 yaitu metode *spray coating* atau *spray deposition*. Keuntungan dari *spray deposition* dibandingkan dengan proses yang lain seperti PVD (*Physical Vapour Deposition*), CVD (*Chemical Vapor Deposition*), *Brazing*, *Cladding*, dan *elektroplating* adalah laju deposisi yang tinggi, dapat dilakukan pada kondisi atmosfer, beragam jenis bahan dapat dideposisikan dengan mudah sesuai dengan aplikasi yang diinginkan, dan lebih ramah lingkungan, yaitu tidak memiliki limbah buangan yang berbahaya pada lingkungan [7]. Metode ini sangat mudah dan praktis sehingga membantu dalam pelapisan film dalam skala besar. Sebelumnya, digunakan metode *photodeposition* untuk pembuatan larutan *prekursor* WO_3/Fe . Dimana larutan *prekursor* awal disinari lampu halogen selama 5 jam kemudian dievaporasi untuk menghilangkan unsur methanol dari larutan *prekursor*.

Penelitian terkait yang menggunakan metode dan material yang sama sebelumnya hanya menggunakan *powder* WO_3 murni sebagai larutan *prekursor* utama. Sebagai upaya peningkatan aktivitas fotokatalis pada material saat di paparkan cahaya tampak, maka dilakukan uji coba pendopongan metal co-katalis besi (Fe) pada *powder* WO_3 . Metal co-katalis sendiri merupakan material yang berperan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi kimia pada larutan.

Penelitian yang dikerjakan adalah dilakukannya sebuah rekayasa fisis dan kimia dalam memproduksi fotokatalis berefisiensi tinggi dibawah paparan cahaya tampak. Aktifitas fotokatalis dibawah paparan cahaya tampak dapat ditingkatkan dengan pengendalian morfologi, yaitu dengan penambahan elemen doping, teknik katalis tambahan, dan mensintesis komposit WO_3 dengan material aktif cahaya tampak lainnya [4].

EXPERIMENTAL

1. Proses fotodeposisi larutan dasar WO_3/Fe_2O_3

Pada tahap fotodeposisi, 0,5 gr *powder* WO_3 yang sudah di larutkan dengan variasi rasio berat metal co-katalis Fe terhadap WO_3 (0%, 2%, 4% dan 6%) dan 100 ml aqua DM, dipaparkan

menggunakan cahaya tampak yang berasal dari solar simulator lampu halogen. Larutan *prekursor* dipaparkan selama 2 jam. Selama proses tersebut, suhu larutan *prekursor* diusahakan untuk tetap terjaga pada suhu kamar ($\pm 27^\circ C$). Selanjutnya, ditambahkan 15 ml *methanol* sebagai senyawa pemicu agar pelarutan antara WO_3 dengan Fe semakin baik. Lama pemaparannya yaitu 3 jam. Dan terakhir, Evaporasi atau penguapan *methanol* dilakukan agar larutan *prekursor* WO_3/Fe_2O_3 tidak terlalu banyak mengandung senyawa lain. Penguapan dilakukan selama 2 jam menggunakan *hot plate* dengan suhu didih *methanol* $\pm 65^\circ C$ didalam ruangan tertutup dengan sistem penyedot udara.

2. Proses *spray deposition* WO_3/Fe_2O_3 diatas substrat kaca preparat

Pada proses ini dilakukan dengan metode *spray deposition*, yaitu dengan menyemprotkan larutan *prekursor* yang digunakan ke atas permukaan kaca preparat berukuran 2,5 x 5 cm.

Volume larutan *prekursor* yang digunakan sebesar 20 ml dengan variasi rasio berat Fe murni atau 0%, 2%, 4% dan 6%. Proses *spraying* dilakukan diatas *hot plate* dengan suhu $150^\circ C$. Selanjutnya di *annealing* menggunakan furnace dengan suhu $600^\circ C$. Lama waktu furnace yang digunakan ialah 1 jam. Film hasil *spray deposition* kemudian di uji karakteristik untuk mengetahui morfologi dan komposisi yang terdapat pada film.

3. Uji fotodegradasi zat warna methylene blue

Film WO_3/Fe_2O_3 di letakkan pada kaca berukuran 7 x 5 cm yang sebelumnya telah terisi larutan zat warna *methylene blue*.

Agar aktivitas fotokatalis lebih efisien, ditambahkan *magnetic stirrer* didalam kaca tersebut. Fungsinya agar *methylene blue* lebih homogen selama proses pemaparan berlangsung. Selain itu juga memicu aktivitas fotokatalis pada film WO_3/Fe_2O_3 . Pemaparan dilakukan di luar ruangan dengan sumber cahaya tampak dari sinar matahari. Lama waktu pemaparan yang digunakan selama 6 jam. Variasi perlakuan selama proses fotodegradasi-nya adalah larutan *methylene blue blank no stirrer* (tanpa film dan tanpa diaduk sebagai kontrol); *blank with stirrer* (tanpa film dan diaduk); WO_3 murni; WO_3

penambahan Fe 2%; WO₃ penambahan Fe 4%; dan WO₃ penambahan Fe 6%.

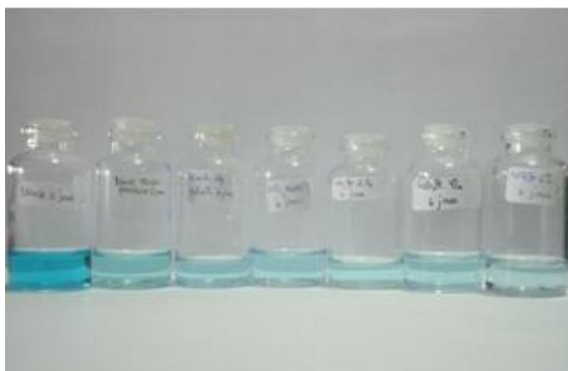


Gambar 1. Pengujian fotodegradasi zat warna *methylene blue*

Pengujian zat warna hasil degradasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis (UV mini 1240, Shimadzu, Japan). Dengan uji tersebut akan diketahui transmitansi dan absorbansi dari zat warna yang telah didegradasi. Sehingga dapat diketahui berapa tingkat efektifitas larutan *prekursor* yang digunakan.

RESULT

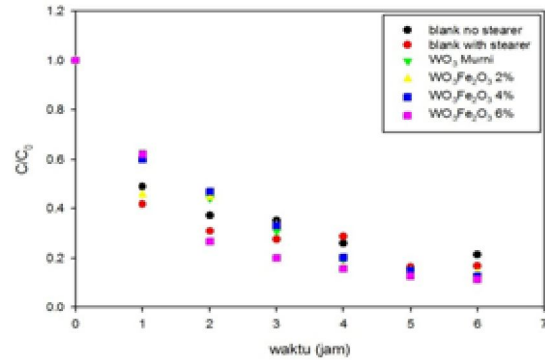
Pemaparan dilakukan selama 6 jam pada larutan zat warna *methylene blue* 10 ppm (100 ml) dengan variasi pengujian sampel tiap 1 jam menggunakan spektrofotometer.



Gambar 2. Hasil pengujian fotodegradasi zat warna *methylene blue* 10 ppm setelah 6 jam pemaparan (a) *methylene Blue* mula-mula (C₀ = 10 ppm), (b) *blank no stearer* (c) *blank with stearer* (d) WO₃ murni (e) WO₃/Fe₂O₃ 2% (f) WO₃/Fe₂O₃ 4% dan (g) WO₃/Fe₂O₃ 6%

Hasil yang diperoleh dari penelitian diatas menunjukkan bahwa film WO₃/Fe₂O₃ merupakan material fotokatalis yang mampu mendegradasi zat warna *methylene blue*, ini terlihat dari

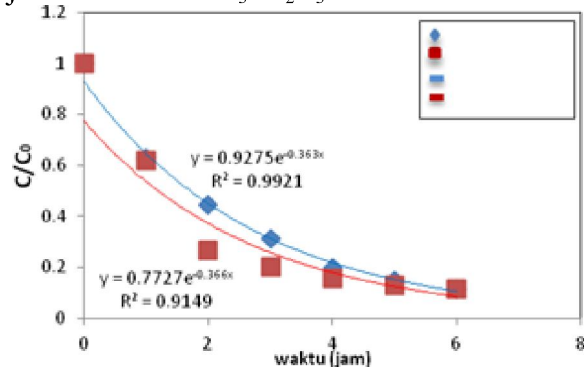
perubahan fisik dari zat warna *methylene blue* yang awalnya berwarna biru menjadi bening. Dari pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis mini 1240SA pada panjang gelombang 664 nm diperoleh grafik hubungan antara waktu iradiasi (jam) vs C/C₀ pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan C/C₀ vs waktu iradiasi degradasi zat warna *methylene blue* menggunakan film WO₃/Fe₂O₃ dengan variasi rasio berat dan tanpa menggunakan film

Berdasarkan hasil pengolahan grafik diatas diketahui bahwa uji fotodegradasi film WO₃/Fe₂O₃ memiliki efektifitas penurunan konsentrasi C/C₀ yang efisien dan tren penurunan yang stabil. Namun pada 3 jam terakhir, penurunan mulai mengalami saturasi atau kejenuhan. Hal ini disebabkan terbatasnya pasangan elektron (e⁻) dan *hole* (h⁺) yang diproduksi dari film WO₃/Fe₂O₃ setiap penambahan waktu degradasi.

Sebagai perbandingan, grafik pada Gambar 4 dibuat *fitting* eksponensial untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan material Fe pada hasil uji degradasi dan mengamati titik jenuh dari film WO₃/Fe₂O₃ tersebut.



Gambar 4. Hasil *fitting* grafik hubungan C/C₀ vs waktu iradiasi degradasi zat warna *methylene blue* menggunakan film WO₃ murni dan WO₃/Fe₂O₃ 6%

Berdasarkan hasil *fitting* pada gambar 4, diketahui bahwa efek dari penambahan Fe 6% terlihat lebih cepat bereaksi saat dipaparkan cahaya matahari dibandingkan tanpa penambahan Fe. Penurunan konsentrasi C/C_0 tampak lebih jelas menggambarkan seberapa besar pengaruh penambahan Fe saat mendegradasi zat warna *methylene blue*. Tidak menutup kemungkinan, semakin besar penambahan rasio berat Fe yang ditambahkan ke WO_3 , semakin baik pula efektivitas fotokatalis yang dihasilkan.

CONCLUSIONS

Berdasarkan hasil diperoleh, dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya, Pengujian fotodegradasi film $WO_3Fe_2O_3$ pada larutan zat warna *methylene blue* menunjukkan bahwa fotokatalis $WO_3Fe_2O_3$ mampu mendegradasi zat warna ; Penambahan rasio berat Fe memberikan dampak peningkatan aktivitas fotokatalitik pada uji fotodegradasi dibandingkan tanpa penambahan Fe.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Pertanian selaku pelaksana program Kerjasama Kemitraan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Nasional atau KKP3N dengan no kontrak : 737/LB.620/I.1/2/2013 tanggal 25 Februari 2013.

REFERENCES

- [1] Prihatin, R.B., 2013, *Problema Air Bersih di Perkotaan*, Pusat Pengkajian, Pengolahan Data dan Informasi, Jakarta.
- [2] Setyorini, D., 2012, *Integrasi Pengolahan Limbah Industri Benang dan Tekstil Melalui proses ABR dan Wetland Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Ikkal, N., Rudi dan Ikkal., 2005, *Pengolahan Air Limbah Berwarna Industri Tekstil Dengan Proses AOPs*, BPPT: JAI Vol.1, No.2, 163-172.
- [4] Purwanto, A., Widiyandari, H., Ogi, T. and Okuyama, K., 2010, *Role Of Particle Size For Platinum-Loaded Tungsten Oxide Nanoparticles During Dye Photodegradation Under Solar-Simulated*

Irradiation, Catalysis Communications Vol.12, 525–529.

- [5] Ham, D.J., 2010, *Hydrothermal Synthesis of Monoclinic WO_3 Nanoplates and Nanorods Used as an Electrocatalyst for Hydrogen Evolution Reactions from Water*, Pohang University of Science and Technology, Republic of Korea.
- [6] Morales, W., 2008, *Combustion Synthesis and Characterization of Nanocrystalline WO_3* . The University of Texas at Arlington, Arlington.
- [7] Prawara, B., 2006, *Rancang Bangun Thermal Spray Coating Dengan Menggunakan Sistem High Velocity Oxygen Fuel*, Kegiatan: 4977.0127, Rekayasa Peralatan.