

**FOTODEGRADASI ZAT WARNA TARTRAZIN LIMBAH CAIR INDUSTRI MIE
MENGUNAKAN FOTOKATALIS TiO₂ - SINAR MATAHARI**

**PHOTODEGRADATION OF TARTRAZINE DYE IN NOODLE INDUSTRIAL
WASTE WATER USING TiO₂ PHOTOCATALYST – SUNLIGHT**

Dian Windy Dwiasi dan Tien Setyaningtyas

Program Studi Kimia, Jurusan MIPA, FST, Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto 53144
e-mail: mbawindy@yahoo.com

ABSTRAK

Salah satu dampak negatif perkembangan industri mie di Indonesia adalah timbulnya pencemaran lingkungan dari limbah cair industri mie yang masih mengandung zat organik seperti zat warna tartrazin. Penurunan kadar zat warna tartrazin dalam limbah cair mie dapat diupayakan dengan cara mendegradasi zat warna tartrazin melalui proses fotodegradasi dengan metode fotokatalis. Pada penelitian ini telah dilakukan fotodegradasi zat warna tartrazin dalam limbah cair mie menggunakan fotokatalis TiO₂. Perlakuan meliputi pengaruh variasi waktu kontak dan pH terhadap aktivitas fotokatalis TiO₂ menggunakan sinar UV dan sinar matahari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas fotokatalitik yang terbaik untuk TiO₂ adalah pada kondisi limbah cair mie dengan pH 2, dan waktu kontak 1 jam. Persentase penurunan kadar tartrazin dengan menggunakan lampu UV adalah sebesar 56,81%, sedangkan dengan penyinaran sinar matahari sebesar 61,64 %.

Kata kunci : Fotodegradasi, Fotokatalis, TiO₂

ABSTRACT

One of the negative impacts of noodle industries in Indonesian is the environmental pollution from their wastewater that contains organic substances such as tartrazine dye. Decreasing the concentration of tartrazine dyes in wastewater of noodles can use the photodegradation process. In this research, the photodegradation of tartrazine dyes in wastewater using TiO₂ photocatalyst under UV and sunlight irradiation had been conducted. The treatment consisted of the effect of variations in contact time and pH. The results showed that the best conditions of photodegradation could be achieved at pH of 2, and the contact time of 1 hour. The ability of tartrazine dye degradation under UV light irradiation was 56.81%, where as under sunlight irradiation was 61.64%.

Keywords : Photodegradation, Photocatalyst, TiO₂

PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia cukup pesat seiring dengan semakin majunya ilmu pengetahuan dan teknologi. Kondisi tersebut memberikan manfaat yang besar bagi kesejahteraan masyarakat. Selain dapat memberikan dampak positif bagi kehidupan manusia, perkembangan industri juga dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan seperti limbah industri. Limbah industri yang langsung dibuang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dapat membahayakan kehidupan ekosistem lingkungan (Ahmad, 2004).

Limbah industri yang keluar umumnya tidak lagi berwarna namun masih tetap berbahaya untuk lingkungan. Industri mie saat ini mulai berkembang di Indonesia, namun kemajuan dibidang industri ini tidak diiringi dengan kesadaran yang memadai dalam pengolahan limbah. Limbah cair industri mie pada umumnya mengandung zat warna, salah satu zat warna yang terkandung dalam limbah cair industri mie adalah tartrazin yang merupakan pewarna sintetis kuning. Zat warna dalam limbah secara tidak langsung dapat membahayakan kesehatan manusia karena dapat menimbulkan penyakit seperti kanker, kekurangan hormon, dan beberapa orang sangat sensitif terhadap tartrazin karena dapat menyebabkan kesulitan bernapas. Oleh karena itu tartrazin perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan (Azuan, 2001). Dalam penelitiannya, larutan tartrazin terdegradasi sebanyak 80% dalam waktu 2 jam. Pada penelitian ini akan dilakukan degradasi tartrazine yang terkandung dalam limbah cair industri mie dengan waktu kontak sampai dengan 4 jam.

Berbagai upaya dan metode untuk mengatasi pencemaran zat warna sebelum dibuang ke perairan telah dilakukan, antara lain metode koagulasi, oksidasi dan elektrokimia. Namun metode ini dirasa

kurang memadai untuk mengatasi masalah pencemaran zat warna, karena metode ini pada dasarnya hanya menghasilkan keadaan yang mengandung polutan yang lebih terkonsentrasi. Beberapa metode modern seperti metode biodegradasi, klorinasi, dan ozonisasi telah dikembangkan. Metode ini memang memberikan hasil yang cukup memuaskan, tetapi membutuhkan biaya operasional yang cukup mahal sehingga kurang efektif diterapkan di Indonesia. Di antara metode modern penanggulangan limbah, adalah metode degradasi yang merupakan metode alternatif yang sederhana, cepat, efisien dan murah.

Titanium dioksida (TiO_2) dikenal sebagai salah satu dari fotokatalis yang paling efektif karena tidak beracun, murah, memiliki aktifitas fotokatalis yang tinggi dan lain-lain. TiO_2 memiliki energi *band gap* ($E_g = 3,2 \text{ eV}$) dapat diaktivasi oleh sinar UV yang berasal dari lampu UV maupun sinar matahari, namun penggunaan TiO_2 dalam bentuk *bulk* (ruah) maupun serbuk atau *slurry* membuatnya cepat sekali kehilangan aktivitasnya. Menurut Zang (2006), Penambahan sejumlah kecil dari hidrogen peroksida kedalam serbuk TiO_2 , yang secara umum dikenal untuk meningkatkan proses oksidasi di dalam perlakuan pengotor-pengotor organik, dapat mendegradasi metil *tert*-butil eter (MTBE) sampai tingkat penurunan hampir 50%.

METODE PENELITIAN

Alat Dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah magnetik stirer, spektrofotometer UV-Vis, alat gelas, kertas saring, stopwatch, pH meter.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari antara lain adalah limbah cair industri pembuatan mie, tartrazin, akuabides, TiO_2 (Merck Millipore),

kalium-hidrogenftalat (Merck Millipore), asam asetat (Sigma), $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Merck Millipore), $\text{Na}_2\text{HPO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Merck Millipore), KCl (Merck Millipore), HCl (Merck Millipore), $\text{NaH}_2\text{PO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Merck Millipore), dan NaOH (Merck Millipore).

Prosedur Penelitian

Degradasi Tartrazin dengan TiO_2

Pengaruh Waktu Kontak antara Fotokatalis TiO_2 dengan Tartrazin

Gelas piala ukuran 500 mL disiapkan sebanyak 5 buah dan masing-masing diisi dengan 250 mL limbah warna tartrazin. Ke dalam gelas ditambahkan TiO_2 sebanyak 0,5 g. Setelah itu dimasukkan ke dalam reaktor sinar ultraviolet dan diaduk dengan stirer. Setiap selang waktu 30 menit, hasil perlakuan diambil sebanyak 50 mL sampai degradasi maksimum. Hasil perlakuan diendapkan selama satu malam dan disentrifuge. Larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum tartrazin. Waktu kontak terbaik digunakan untuk perlakuan selanjutnya.

Pengaruh pH

Limbah cair mie dilakukan variasi pH menjadi 2, 5, 7, 9 dan 12. Untuk mencapai pH yang diinginkan, dilakukan penambahan buffer sesuai pH yang diinginkan. Nilai pH diukur dengan menggunakan indikator universal. Setelah pH limbah sesuai dengan variasi, kemudian ditambah 0,5 g TiO_2 . Langkah selanjutnya yaitu dimasukkan dalam reaktor ultraviolet dan diaduk dengan stirer selama waktu kontak terbaik yang diperoleh dari percobaan sebelumnya. Hasil perlakuan

diambil 50 mL, diendapkan, kemudian disentrifuge dan larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum tartrazin.

Pengaruh Aktivasi dengan Menggunakan Sinar Matahari

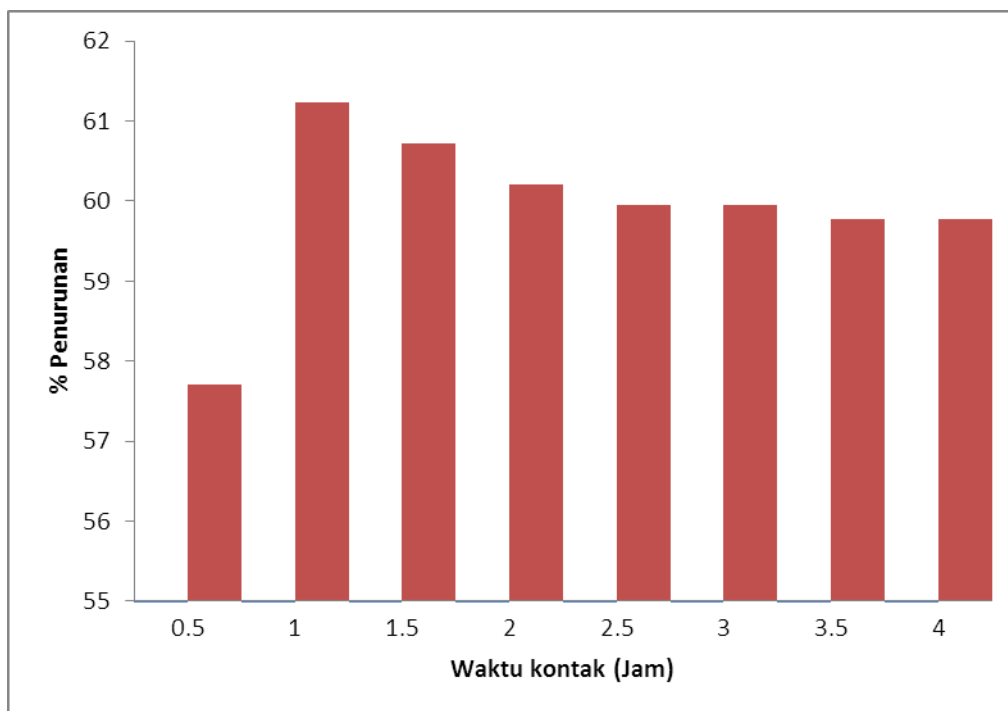
Perlakuan untuk mengetahui pengaruh aktivasi TiO_2 dengan sinar matahari dilakukan pada waktu kontak dan pH terbaik. Gelas piala ukuran 500 mL disiapkan dan diisi dengan limbah sebanyak 250 mL. Ke dalam gelas ditambah buffer sesuai dengan pH terbaik dari perlakuan sebelumnya. Untuk mengetahui nilai pH limbah diukur dengan indikator universal. Kedalam tabung ditambah dengan TiO_2 sebanyak 0,5 g. Setelah itu diletakkan dibawah sinar matahari, diaduk dengan stirer. Hasil perlakuan diambil sebanyak 50 mL dan diendapkan selama semalam. Lapisan atas diambil dan disentrifuge, kemudian larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum tartrazin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Degradasi Tartrazin dengan TiO_2

Pengaruh Waktu Kontak antara Fotokatalis TiO_2 dengan Tartrazin

Pengaruh waktu kontak TiO_2 terhadap aktivitas fotokatalis TiO_2 untuk menurunkan kadar tartrazin dalam limbah cair industri mie dapat dilihat dari persentase penurunan kadar tartrazin limbah cair industri mie oleh fotokatalis TiO_2 pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Pengaruh waktu kontak terhadap aktivitas fotokatalis TiO₂

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa aktivitas fotokatalis TiO₂ selama 1 jam adalah waktu kontak yang paling efektif untuk pengolahan zat warna tartrazin limbah cair industri mie. Pada waktu kontak tersebut TiO₂ mampu menurunkan konsentrasi limbah tartrazin sebesar 10,972 ppm atau 61,24 %.

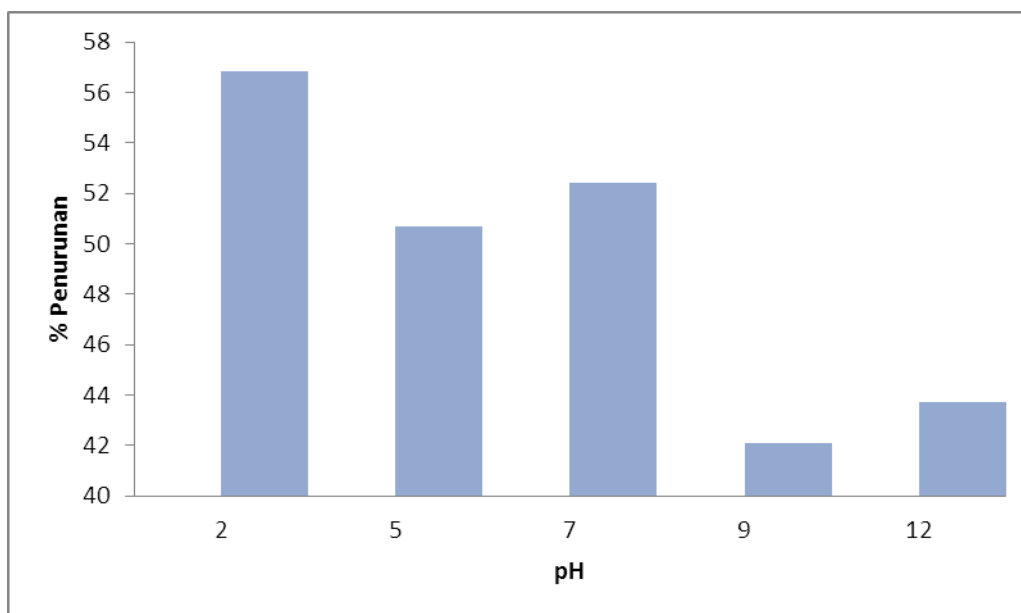
Persentase penurunan kadar tartrazin dalam limbah cair industri mie paling besar terjadi pada waktu kontak penyinaran 1 jam. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada waktu 1 jam terjadi proses penyerapan energi foton ($h\nu$) yang paling efektif, sehingga banyak elektron pada pita valensi yang tereksitasi pada pita konduksi. Kondisi ini menyebabkan lubang positif atau $hole^+$ yang terbentuk semakin banyak. $Hole^+$ tersebut akan bereaksi dengan H₂O atau ion hidroksil membentuk radikal $\bullet OH$ yang kemudian digunakan untuk mengurai senyawa organik termasuk tartrazin dalam limbah cair industri mie (Hoffman, 1995).

Hasil yang diperoleh berbeda dengan Azuan (2001), TiO₂ murni dapat mendegradasi tartrazin sampai 80 % dengan waktu kontak 2 jam dan TiO₂ yang digunakan sebanyak 1,0 g/L. Perbedaan ini dikarenakan pada penelitian ini TiO₂ yang digunakan sebanyak 2,0 g/L.

Pengaruh pH

Nilai pH memiliki peranan penting dalam menentukan karakteristik limbah dan pembentukan radikal hidroksil. Fotodegradasi zat warna dapat terjadi melalui mekanisme reaksi, yaitu serangan radikal hidroksil dan oksidasi langsung oleh $hole^+$, tergantung pada keadaan dasar substrat dan pH (Widayati, 2006).

Zat warna memiliki kelompok sulfat dalam strukturnya yang bermuatan negatif, dengan bantuan larutan asam diadsorpsi ke permukaan fotokatalis, sehingga meningkatkan efisiensi fotodegradasi (Daneshvar, 2003).

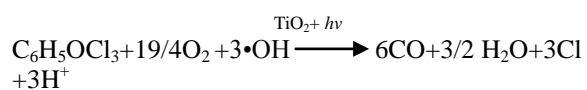


Gambar 2. Pengaruh pH terhadap aktivitas fotokatalis TiO₂

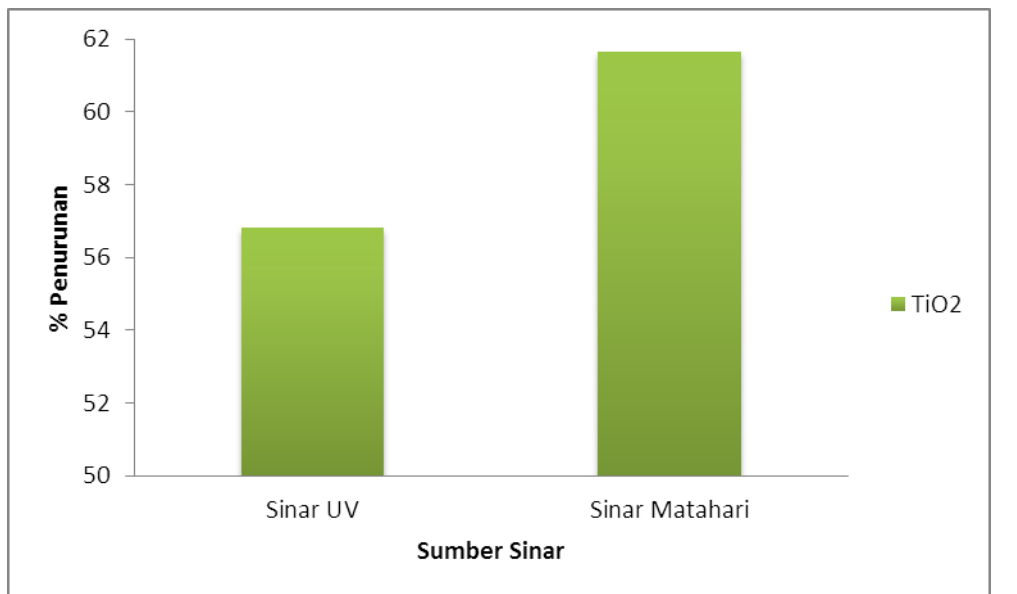
Pengaruh pH limbah cair industri mie terhadap aktivitas fotokatalis TiO₂ dapat dilihat dari penurunan kadar tartrazin dalam limbah cair mie yang dikondisikan pada pH 2, 5, 7, 9, dan 12. Pengaruh pH limbah mie terhadap aktivitas fotokatalis TiO₂ dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Perlakuan dengan berbagai variasi pH menunjukkan adanya penurunan kadar tartrazin terbaik yaitu pada pH 2 dimana kadar tartrazin dalam limbah cair mie turun sebesar 9,074 ppm atau 56,81 %. Semakin besar pH aktivitas menurun, karena pada suasana yang semakin basa bermuatan negatif, dikarenakan banyak OH⁻ yang terikat pada permukaan TiO₂. Banyaknya OH⁻ yang terikat pada permukaan TiO₂ menghalangi adsorpsi tartrazin ke permukaan TiO₂ sehingga tidak bisa bereaksi dengan TiO₂, jika tartrazin tidak bisa berinteraksi dengan TiO₂, maka proses fotodegradasi tidak dapat terjadi (Peral, 1990).

Menurut Toor (2006), pH dapat mempengaruhi muatan pada partikel TiO₂. Jumlah elektron yang dihasilkan semakin meningkat pada kondisi asam karena rekombinasi h^+ dan elektron berkurang sehingga aktivitas fotodegradasi semakin meningkat. Hal ini menyebabkan kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan sehingga laju fotodegradasi zat warna tartrazin akan semakin meningkat. Secara umum reaksi untuk zat organik (misal C₆H₅OCl₃) adalah sebagai berikut (Suseno dalam Astuti, 2004):



Skema umum dari degradasi fotokatalitik TiO₂ dari senyawa organik dimulai dengan eksitasi dengan foton suprabandgap, dan terus melalui reaksi redoks di mana •OH radikal yang terbentuk pada permukaan fotokatalis, memainkan peran utama seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan (1-4) (Ali, 2006).



Gambar 3. Pengaruh sumber sinar terhadap persentase penurunan kadar zat warna tartrazin dalam limbah cair industri mie

Pengaruh Aktivasi dengan Menggunakan Sinar Matahari

Pengaruh sumber sinar terhadap aktivitas fotodegradasi tartrazin dapat dilihat dari hasil kontak limbah mie dengan fotokatalis TiO_2 pada kondisi pH 2 dengan sumber sinar lampu UV dan sinar matahari. Hasil dari pengaruh sumber sinar dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Gambar 3 diatas menunjukkan bahwa pengaruh sumber sinar lampu UV dan sinar matahari untuk proses fotodegradasi zat warna tartrazin oleh fotokatalis TiO_2 pada kondisi pH 2 hasilnya cukup baik. Aktivitas fotodegradasi zat warna tartrazin dalam limbah cair mie menggunakan sumber penyinaran sinar matahari menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan penyinaran lampu UV yaitu dengan waktu kontak 1 jam menggunakan fotokatalis TiO_2 . Persentase penurunan kadar tartrazin dengan penyinaran sinar matahari yaitu 61,644 %, sedangkan dengan lampu UV sebesar 56,812 %.

Menurut Hilal (2007), sinar matahari dapat mengakibatkan hasil yang lebih optimum dalam mendegradasi zat warna tartrazin dibanding dengan sinar UV saja karena mekanisme fotodegradasinya berbeda. Penyinaran dengan sinar matahari yang sebagian besar sinar tampak, mekanisme fotodegradasinya adalah mekanisme sinar UV dan mekanisme sinar tampak, sedangkan dengan lampu sinar UV hanya mekanisme sinar UV saja.

Zat warna yang teradsorpsi pada permukaan fotokatalis TiO_2 dapat berfungsi sebagai sensitizer sinar tampak. Sensitizer sinar tampak akan menyebabkan TiO_2 akan tetap aktif pada daerah sinar tampak yang merupakan komponen terbesar sinar matahari. Sensitizer zat warna mengakibatkan laju degradasi zat warna Tartrazin tidak hanya dipengaruhi oleh $hole^+$ dari fotokatalis yang menghasilkan radikal hidroksil saja, tetapi juga dipengaruhi oleh $hole^+$ yang dihasilkan oleh sensitizer zat warna yang langsung mendegradasi zat warna tartrazin (Hilal, 2007). Hal ini menyebabkan zat warna

tartrazin yang teroksidasi semakin besar sehingga persentase penurunan kadar tartrazin dalam limbah tersebut semakin meningkat.

KESIMPULAN

Fotokatalis TiO₂ terbukti cukup efektif mendegradasi zat warna tartrazin. Fotodegradasi zat warna tartrazin limbah cair industri mie menggunakan fotokatalis TiO₂ terjadi pada kondisi optimum pH 2 dan waktu kontak 1 jam. Presentase penurunan kadar zat warna tartrazin dengan menggunakan lampu UV adalah sebesar 56,81 %. Sedangkan dengan bantuan sinar matahari diperoleh persentase penurunan sebesar 61,64 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R., 2004, *Kimia Lingkungan*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ali, R., and O. B. Seiw, 2006, Photodegradation of New Methylene Blue N in Aqueous Solution Using Zinc Oxide and Titanium Dioxide as Catalyst, *Jurnal Teknologi*, 45(F) Dis: 31–42.
- Astuti, K., 2004, Kinetika Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Batik Congo Red dengan menggunakan Suspensi TiO₂, *Skripsi*, Program Sarjana MIPA UNSOED Purwokerto.
- Azuan, H., R.M. Abdul, K.T. Lee, 2001, Solar Photocatalytic Degradation of Tartrazine using Titanium Dioxide, *Jurnal Teknologi*, C, 35 (F). pp. 31-40.
- Daneshvar, N., D. Salari, and A.R. Khataee, 2003, Photocatalytic Degradation of Azo Dye Acid Red 14 In Water: Investigation of The Effect of Operational Parameters, *Journal of Photochemistry and Photobiology, A: Chemistry* 157 (1), 111-116.
- Hilal, H.S., I.Z. Majjad and A. El-Hamouz, 2007, Dye effect in TiO₂ catalyzed contaminant photo degradation: Sensitization vs Charge-transfer Formalism, *Journal Solid Science*, Vol. 9, Issue 1, pp. 9-15.
- Hoffman, R.M., 1995, Environmental Applications of Semiconductor of Photocatalysis, *Chemical Reviews*, Vol. 95, No. 1, pp. 69-96.
- Peral, J., Munoz, J., Domenech, X., 1990, Photosensitized Cyanide Oxidation Over Titanium Dioxide, *Journal of Photochemistry and Photobiology, A : Chemistry*, Vol. 55, issue 2, pp. 251-257.
- Toor, A. P., Verma, C. K. Jotshi, P. K. Bajpai, and V. Singh., 2006, Photocatalytic Degradation of Direct Yellow Dye Using UV/TiO₂ in A Shallow Pond Slurry Reactor, *Dye and Pigment*, Vol. 68 (1), 53-60.
- Widayati, 2006, Fotooksidasi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Zeolit, *Skripsi*, Program Sarjana MIPA Unsoed, Purwokerto.
- Zang, Y., and R. Farnood, 2006, Effect of hydrogen peroxide on the photocatalytic degradation of methyl *tert*-butyl ether, *Research Article, Topics in Catalysis*, Vol. 37, Issue 2-4, pp. 91-96.