

Degradasi Asam 2,4-diklorofenoksiasetat (2,4-D) dalam Pestisida Santamin 865 SL Secara Fotolisis dan Sonolisis dengan Penambahan Katalis TiO₂ Anatase

Elvinawati

Program Studi Pendidikan Kimia, Jurusan PMIPA FKIP UNIB

ABSTRACT

2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) is well known as inexpensive herbicides, but it can give rise to undesirable pollution. The objective of this investigation was to compare effectivity of photolysis and sonolysis methods for degradation of 2,4-D. Photolysis method were performed using an irradiation of UV light $\lambda = 365$ nm, and sonolysis using an ultrasound with output power of 60 Watt. The optimum condition for degradation of 2,4-D by photolysis and sonolysis with addition anatase-TiO₂ were found at pH = 2,5. Percentage degradation of 2,4-D by sonolysis, and photolysis with addition anatase-TiO₂ after 180 minutes was 78,98% and 82,59% respectively. This investigation finding shows that for degradation of 2,4-D, effectivity of photolysis better than sonolysis methods.

Keywords: *photolysis, sonolysis, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, TiO₂-anatase*

Pendahuluan

Penggunaan pestisida dalam kegiatan pertanian menyebabkan semakin besarnya jumlah residu pestisida di lingkungan. Residu pestisida terdapat dalam berbagai komponen lingkungan baik di udara, tanah serta di perairan. Residu pestisida pada akhirnya akan lebih dominan terakumulasi di perairan (Spiro dan Stigliani, 2003).

Asam 2,4-diklorofenoksiasetat (2,4-D) merupakan bahan aktif dalam beberapa formulasi herbisida pengontrol hama berdaun lebar. 2,4-D digolongkan pada senyawa dengan tingkat toksisitas menengah (Peller, et al., 2004). Akan tetapi, apabila residu senyawa 2,4-D di lingkungan terdapat dalam jumlah yang besar akan mengganggu sistem endokrin makhluk hidup. Oleh karena itu limbah residu pestisida perlu ditangani secara maksimal.

Dalam upaya minimalisasi senyawa berbahaya di lingkungan seperti residu pestisida termasuk 2,4-D, telah dilakukan pendegradasian senyawa-senyawa tersebut dengan berbagai metode. Salah satu metoda yang banyak dilakukan saat ini adalah pendegradasian menggunakan proses oksidasi lanjut seperti fotolisis, sonolisis, radiolisis, ozonolisis dan reaksi Fenton (Peller, et al., 2001).

Proses oksidasi lanjut merupakan suatu teknologi yang memanfaatkan radikal hidroksil yang sangat reaktif sebagai spesies oksidatif utama untuk memecah kontaminan organik seperti

herbisida. Fotolisis merupakan proses degradasi suatu senyawa dengan menggunakan bantuan cahaya. Apabila suatu senyawa dikenai cahaya, senyawa tersebut akan menyerap energi foton sehingga menyebabkan terjadinya reaksi kimia (Yulianto, dkk., 2005).

Sonolisis merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mendegradasi senyawa organik dalam media air dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Degradasi polutan organik dengan gelombang ultrasonik biasanya membutuhkan energi yang besar dan waktu reaksi yang lama. Untuk mempercepat reaksi, pada proses sonolisis biasanya digunakan katalis seperti TiO_2 (Weng, et al., 2006).

Keefektifan proses oksidasi lanjut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, suhu, konsentrasi katalis dan waktu. TiO_2 merupakan katalis semikonduktor yang umum digunakan pada proses degradasi senyawa organik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan keefektifan proses fotolisis dan sonolisis untuk mendegradasi senyawa 2,4-D dengan penambahan katalis TiO_2 anatase.

Metode Penelitian

Penentuan panjang gelombang optimum 2,4-D

Diukur absorban larutan standar 2,4-D 30 mg/L dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang (λ) antara 230 - 400 nm, hingga didapat λ yang memberikan absorban maksimum.

Penentuan konsentrasi optimum katalis TiO_2

Ke dalam 7 cawan petri masing-masing dimasukkan 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 dan 3 mg serbuk TiO_2 -anatase serta 20 mL larutan 2,4-D 50 mg/L lalu difotolisis selama 90 menit, kemudian disentrifus selama 60 menit. Setelah itu diukur absorban pada λ 283,4 nm dan dihitung persentase degradasinya. Penentuan konsentrasi optimum TiO_2 sebagai katalis pada degradasi 2,4-D secara sonolisis dilakukan dengan cara yang sama.

Penentuan pH optimum degradasi 2,4-D secara fotolisis dan sonolisis

Ke dalam 7 buah gelas piala 100 mL masing-masing dimasukkan 75 mL larutan 2,4-D 50 mg/L, lalu diatur pH-nya sesuai variasi yaitu 1,5 ; 2,0 ; 2,5 ; 3,0 ; 3,5 ; 4,0 dan 4,5 dengan menambahkan HCl atau NaOH. Larutan tiap variasi pH tersebut dimasukkan ke dalam 2 buah cawan petri (A dan B) masing-masing sebanyak 20 mL. Larutan B ditambahkan 1 mg TiO_2 , lalu difotolisis selama 90 menit, kemudian disentrifus 60 menit. Setelah itu diukur absorban pada λ

283,4 nm dan dihitung persentase degradasinya. Prosedur penentuan pH optimum degradasi 2,4-D secara sonolisis dilakukan dengan cara yang sama.

Penentuan keefektifan degradasi 2,4-D secara fotolisis dan sonolisis

Ke dalam 7 cawan petri masing-masing dimasukkan 20 mL larutan 2,4-D 50 mg/L dengan pH 2,5 dan ditambahkan 1 mg TiO_2 . Kemudian masing-masing larutan didegradasi secara fotolisis dengan waktu yang bervariasi yaitu: 0, 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit, lalu disentrifus 60 menit. Setelah itu diukur absorban pada λ 283,4 nm dan dihitung persentase degradasinya. Prosedur penentuan pH optimum degradasi 2,4-D secara sonolisis dilakukan dengan cara yang sama, hanya saja larutan didegradasi secara sonolisis dengan penambahan 2 mg TiO_2 .

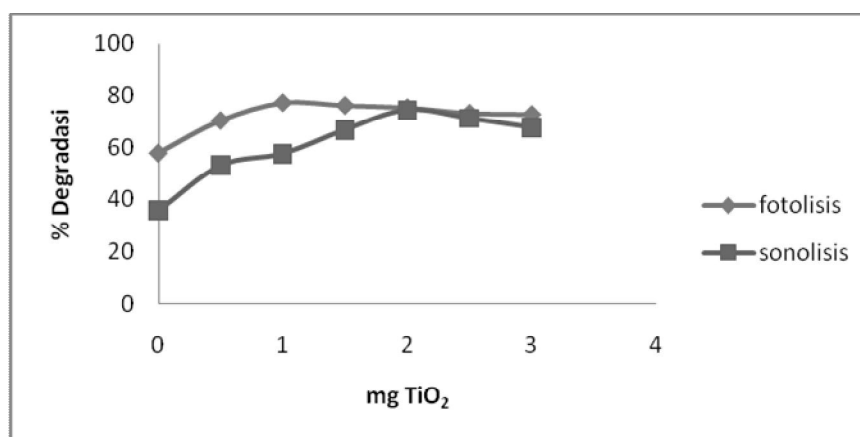
Hasil dan Pembahasan

Penentuan panjang gelombang maksimum 2,4-D

Panjang gelombang maksimum 2,4-D adalah panjang gelombang yang memberikan nilai absorban 2,4-D maksimum. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan mengukur absorban larutan 2,4-D 30 mg/L pada panjang gelombang antara 230 - 400 nm. Dari percobaan yang dilakukan didapat bahwa panjang gelombang maksimum untuk 2,4-D adalah 283,4 nm.

Penentuan konsentrasi optimum katalis TiO_2

Hasil penentuan konsentrasi optimum katalis TiO_2 pada degradasi 2,4-D secara fotolisis dan sonolisis dapat dilihat pada Gambar 1.

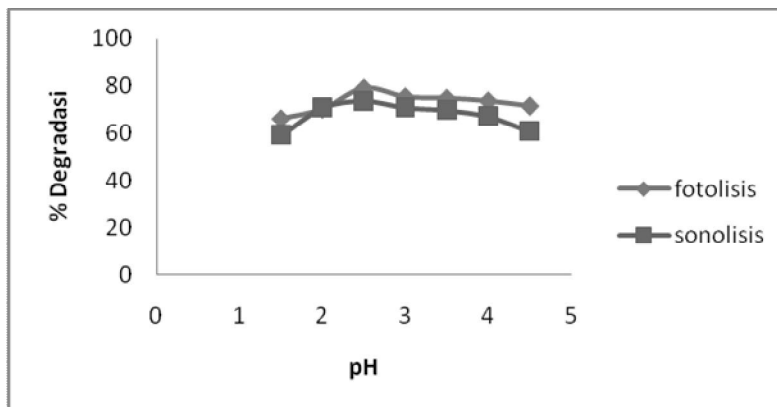


Gambar 1. Pengaruh berat TiO_2 terhadap degradasi 2,4-D secara fotolisis dan sonolisis
[2,4-D]₀ = 50 mg/L, t = 90 menit

Pada Gambar 1 terlihat bahwa persentase degradasi terbesar untuk proses fotolisis dicapai saat penambahan 1,0 mg TiO_2 , sedangkan untuk proses sonolisis adalah saat penambahan 2,0 mg TiO_2 . Penambahan TiO_2 dapat meningkatkan persen degradasi, tetapi dengan konsentrasi yang besar menyebabkan penurunan persentase degradasi. Hal ini terjadi karena pada konsentrasi yang terlalu besar aktivitas katalis tidak maksimal lagi. Pada proses fotolisis penurunan aktivitas katalis ini disebabkan karena terjadinya penghamburan sinar oleh katalis yang tersuspensi. Penyebab lainnya yaitu permukaan katalis tidak bisa lagi mengabsorpsi foton dan mengadsorpsi 2,4-D untuk terjadinya reaksi katalitik (Guettai and Amar, 2005). Pada proses sonolisis penurunan aktivitas katalis ini disebabkan karena terjadinya aglomerasi partikel-partikel katalis serta adanya tumbukan antar partikel katalis akibat gelombang yang ditimbulkan efek kavitasi (Suslick, 1994).

Pengaruh pH terhadap degradasi 2,4-D secara fotolisis dan sonolisis dengan penambahan TiO_2

Hasil penentuan pengaruh pH terhadap degradasi 2,4-D secara fotolisis dan sonolisis dengan penambahan TiO_2 terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh pH terhadap degradasi 2,4-D secara fotolisis dan sonolisis dengan penambahan TiO_2 dengan $[\text{2,4-D}]_0 = 50$ mg/L, $t = 90$ menit, $\text{TiO}_{2(f)} = 1$ mg, $\text{TiO}_{2(s)} = 2$ mg

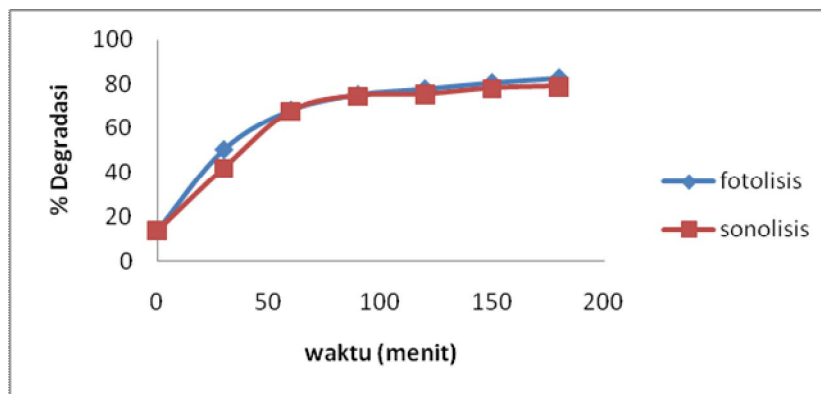
Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa degradasi 2,4-D baik secara fotolisis maupun sonolisis dengan penambahan TiO_2 memberikan persentase degradasi terbesar pada pH 2,5. Akan tetapi, pada pH tersebut kedua metoda degradasi ini memberikan nilai persentase degradasi yang

berbeda. Sonolisis memberikan persentase degradasi sebesar 73,61%, sedang fotolisis memberikan persentase degradasi yang lebih tinggi, yaitu sebesar 79,17%.

Jafari and Marofi (2005) menemukan bahwa 2,4-D dapat didegradasi dalam suasana asam pada pH 2,5 atau 3,5. pH awal sangat mempengaruhi keadaan adsorpsi yang sangat penting untuk memperoleh fotodegradasi tertinggi. Hal ini berkaitan dengan sifat amfoter dari semikonduktor TiO_2 serta perubahan sifat muatan permukaan TiO_2 dengan perubahan nilai pH di sekitar pH_{pzc} (*point of zero charge*). Saat pH kecil dari pH_{pzc} 2,4-D teradsorpsi dengan kuat pada partikel TiO_2 karena adanya gaya tarik elektrostatik antara TiO_2 yang bermuatan positif dengan 2,4-D, sedang pada pH yang lebih tinggi radikal hidroksil akan hilang dengan cepat sehingga mengurangi peluang bereaksi dengan 2,4-D.

Penentuan keefektifan degradasi 2,4-D secara fotolisis dan sonolisis dengan penambahan TiO_2

Hasil penentuan persentase degradasi 2,4-D dengan kedua metoda pada rentang waktu tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh waktu terhadap degradasi 2,4-D secara fotolisis dan sonolisis dengan penambahan TiO_2 [2,4-D]₀ = 50
 mg/L, pH = 2,5 ; $\text{TiO}_2(\text{f})$ = 1 mg, $\text{TiO}_2(\text{s})$ = 2 mg

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada degradasi 2,4-D dengan penambahan TiO_2 dalam rentang waktu 0 sampai 180 menit proses sonolisis memberikan persentase degradasi sebesar 78,98%, sedangkan fotolisis memberikan persentase degradasi yang lebih tinggi, yaitu sebesar 82,59%. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa untuk degradasi 2,4-D dengan penambahan katalis TiO_2 proses fotolisis sedikit lebih efektif dibandingkan proses sonolisis. Hal ini terjadi karena aktivitas katalitik TiO_2 pada proses fotolisis yang menggunakan cahaya sebagai sumber

energi sedikit lebih besar daripada proses sonolisis yang menggunakan suara (*ultrasound*) sebagai sumber energi.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada degradasi 2,4-D dengan penambahan TiO₂, fotolisis merupakan proses yang lebih efektif daripada sonolisis dengan persentase degradasi sebesar 82,59 %.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk penelitian selanjutnya disarankan melakukan degradasi 2,4-D dengan mengkombinasikan metoda fotolisis, sonolisis dan ozonolisis baik secara simultan maupun secara sekuensial. Di samping itu juga disarankan untuk mengidentifikasi produk akhir yang dihasilkan pada proses degradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Jafari, A., J., Marofi, S. 2005. Photo-chemical Degradation of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) in the Effluent. *J. Res. Health Sci*, 5: 27-31.
- Peller, J., Wiest, O., Kamat, P., V. 2001. Sonolysis of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid in Aqueous Solutions. Evidence for ·OH -Radical- Mediated Degradation. *J. Phys. Chem. A*. 105: 3176-3181.
-2004. Hydroxyl Radical's Role in the Remediation of a Common Herbicide, 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D). *J. Phys. Chem. A*. 108: 10925-10933.
- Spiro, T., G., Stigliani, W., M. 2003. *Chemistry of the Environment*. Second edition. Prentice Hall. New Jersey. p: 344, 399.
- Suslick, K. S. 1994. The chemistry of ultrasound. *Encyclopaedia Britannica*: Chicago, p. 138-155.
- Weng, J., Fan, Z., Zang, Z., Zang, X. 2006. Sonocatalytic degradation of methyl parathion in the presence of nanometer and ordinary anatase titanium dioxide catalysts and comparison of their sonocatalytic abilities. *Liaoning University*. 9 p.
- Xian-wen, X., Xin-hua, X., hui-xiang, S., Da-hui, W. 2005. Study on US/ O₃ mechanism in p-chlorophenol decomposition. *J. Zhejiang Univ SCI*. 6: 553-558.
- Yulianto, M.E., Handayani, D., Silviana. 2005. *Kajian Pengolahan Limbah Industri Fatty Alcohol Dengan Teknologi Photokatalitik Menggunakan Energi Surya*. Gema Teknologi. hal. 22-27.