

PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK DAN ANORGANIK MENGUNAKAN FOTOKATALIS TiO_2 DOPAN-N

Achmad Wildan¹⁾, Erlita Verdia Mutiara¹⁾

¹⁾Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi “Yayasan Pharmasi” Semarang
Jl. Sarwo Edhie Wibowo Km.1 Plamongsari, Pucanggading, Semarang

Abstrak

Air limbah farmasi memiliki dampak yang berbahaya bagi lingkungan. Air limbah tersebut dicemari oleh zat kimia organik dan anorganik. Limbah antibiotik seperti misalnya amoksisilin dapat bersama-sama dengan limbah anorganik seperti ion Cu(II) di perairan. Keberadaan ion Cu(II) dalam lingkungan dapat berasal dari pembuangan air limbah yang berasal dari analisis bahan yang dilakukan oleh industri farmasi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyinaran dan pH larutan terhadap efektivitas proses fotodegradasi amoksisilin yang terkatalisis TiO_2 Dopan-N dengan keberadaan ion Cu(II) . Metode penelitian dilakukan dalam suatu reaktor tertutup yang dilengkapi dengan satu set alat pengaduk magnetik dan lampu tungsten sebagai sumber sinar tampak. Hasil kemudian dianalisis dengan Spektrofotometri UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi amoksisilin sisa dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) untuk mengetahui konsentrasi ion Cu(II) sisa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa amoksisilin yang terdegradasi meningkat dengan semakin lamanya waktu penyinaran. Peningkatan hasil fotodegradasi amoksisilin karena meningkatnya jumlah radikal $\cdot\text{OH}$ yang dihasilkan TiO_2 . Pada variasi pH larutan menunjukkan pH 5 sampai 7 efektivitas fotodegradasi amoksisilin mengalami kenaikan, kemudian mengalami penurunan pada pH 8. Kondisi reaksi yang menghasilkan proses fotodegradasi amoksisilin paling efektif yaitu pada kondisi larutan dengan pH 7 dengan waktu penyinaran 60 menit. Pada kondisi tersebut efektivitas fotodegradasi amoksisilin sebesar 32,25% dan ion Cu(II) yang tereduksi sebesar 69,13%.

Kata kunci : amoksisilin, antibiotik, fotokatalis TiO_2 Dopan-N, spektrofotometer serapan atom, tembaga

PENDAHULUAN

Limbah industri farmasi berkaitan erat dengan masalah pencemaran lingkungan khususnya pencemaran air. Beberapa jenis senyawa obat yang merupakan limbah industri farmasi seperti antibiotik, hormon, pengawet, dan anestesi apabila dibuang tanpa proses pengolahan terlebih dahulu mengakibatkan limbah industri farmasi akan bermuara ke laut sehingga air laut menjadi tercemar (Bila, dkk., 2003).

Air juga sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik seperti logam berat yang berbahaya, salah satunya adalah ion Cu(II) . Keberadaan ion Cu(II) dalam lingkungan dapat berasal dari pembuangan air limbah industri yang berasal dari industri electroplating, keramik, dan fotografi. Apabila logam tersebut berkumpul di dalam tubuh dalam jangka waktu lama dengan jumlah yang banyak dapat menyebabkan toksisitas akut dan bersifat fatal (Fardiaz, 1992).

Keberadaan senyawa farmasi dan logam berat dalam air mengakibatkan pencemaran

yang dapat mencemari biota, sehingga berdampak pada manusia yang gemar mengonsumsi hasil perikanan. Untuk menghindari dampak negatif tersebut maka keberadaan senyawa farmasi dan logam berat perlu dihilangkan dari perairan.

TiO_2 sering digunakan pada teknologi pengolahan lingkungan karena selain mempunyai harga celah energi yang tinggi, juga stabil secara kimia dan fisika, aman, serta harganya murah (Gunlazuardi, 2001). TiO_2 merupakan fotokatalis yang menyerap energi foton pada daerah UV. TiO_2 dapat berfungsi sebagai fotokatalis, yaitu bahan yang dapat mempercepat reaksi yang diinduksi oleh cahaya, karena TiO_2 memiliki struktur semikonduktor.

Dalam penelitian ini dilakukan modifikasi TiO_2 dengan didoping oleh nitrogen. *Doping* merupakan suatu proses memasukkan atom lain (dopan) yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat bahan sesuai peruntukannya, diantaranya adalah mendapatkan semikonduktor yang memiliki energi celah lebih rendah dari

aslinya. Proses terbentuknya dopan pada TiO_2 dopan-N menurut Tang, dkk. (2011) diawali dengan adsorpsi molekul urea $\{(\text{NH}_2)_2\text{O}_2\}$ pada permukaan TiO_2 .

METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini adalah persen amoksisilin yang terdegradasi dan persen ion

Cu (II) yang tereduksi pada proses fotodegradasi amoksisilin dan fotoreduksi ion Cu (II) yang dikatalis oleh TiO_2 Dopan-N

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah konsentrasi ion Cu (II) dan amoksisilin dalam mg/L setelah proses fotokatalis.

Bahan penelitian meliputi TiO_2 (Merck), EDTA, CuSO_4 , amoksisilin, urea, akuadest dan kertas saring Whatman 42'

Alat penelitian meliputi satu set reaktor fotokatalitik, erlenmeyer, pipet volume, corong gelas, labu ukur, gelas beker, neraca analitik, Spektrofotometer Serapan Atom merk Shimadzu no seri AA 6200, spektrofotometer UV mini 1240.

Preparasi Katalis Dua puluh milliliter larutan urea 1 M dicampurkan dengan 8 gram TiO_2 . Dicampur dan diaduk selama 1 jam. Selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada temperatur 100°C selama 1 jam dan dimuffle pada temperatur 400°C selama 3 jam. Serbuk yang telah dimuffle dicuci dengan akuades. Dioven suhu 100°C selama 1 jam untuk mendapatkan serbuk katalis TiO_2 dopan-N.

Proses Fotokatalitik Untuk mendukung data eksperimen, maka terlebih dahulu dilakukan proses fotodegradasi untuk mengetahui pengaruh sinar tampak, pengaruh fotokatalis, maupun adanya ion logam Cu (II) terhadap efektivitas degradasi amoksisilin dengan kondisi-kondisi sebagai berikut:

1. Larutan amoksisilin 20 mg/L sebanyak 50 ml yang disinari sinar tampak selama 1 jam.
2. Larutan amoksisilin 20 mg/L sebanyak 50 ml dengan penambahan 1000 mg/L fotokatalis TiO_2 dopan-N yang disinari sinar tampak selama 1 jam.
3. Larutan amoksisilin 20 mg/L sebanyak 50 ml dengan penambahan 1000 mg/L fotokatalis TiO_2 dopan-N yang dilakukan di ruang gelap.
4. Larutan amoksisilin 40 mg/L sebanyak 25 ml dan ion logam Cu (II) 4 mg/L sebanyak 25 ml dengan penambahan 1000

mg/L fotokatalis TiO_2 dopan-N yang disinari sinar tampak selama 1 jam.

Proses fotodegradasi yang terkatalisis TiO_2 dopan-N dilakukan dengan sistem batch dalam reaktor tertutup yang dilengkapi dengan lampu tungsten dan plat pengaduk magnetik. Proses fotodegradasi dilakukan dengan cara menyinari campuran yang terdiri dari larutan amoksisilin dengan konsentrasi 200 mg/L sebanyak 25 ml, kemudian ditambah dengan larutan ion logam Cu (II) sebanyak 25 mL, dan ditambahkan fotokatalis TiO_2 dopan-N 50 mg sehingga diperoleh suspensi. Erlenmeyer ditutup dengan plastik transparan kemudian disinari dengan lampu tungsten disertai pengadukan selama 20, 40 dan 60 menit. Untuk memperoleh filtrat dari suspensi tersebut dilakukan penyaringan dengan kertas whatman. Selanjutnya filtrat dianalisis dengan alat spektrofotometer UV untuk menentukan konsentrasi amoksisilin yang tidak terdegradasi dan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) untuk menentukan konsentrasi ion logam Cu (II) yang tidak tereduksi.

Cara yang sama dilakukan untuk mempelajari pengaruh pH larutan. Untuk mempelajari pengaruh pH larutan terhadap fotodegradasi amoksisilin yang dikatalisis TiO_2 dopan-N dengan melakukan variasi pH yaitu 5, 6, 7 dan 8. Pada proses ini, larutan dalam erlenmeyer berisi larutan amoksisilin, dan fotokatalis TiO_2 dopan-N dan larutan CuSO_4 diatur pHnya. Selanjutnya erlenmeyer ditutup dengan plastik transparan kemudian disinari dengan lampu tungsten disertai pengadukan selama waktu tertentu.

Analisis data Persentase ion Cu (II) yang tereduksi dapat diketahui dengan menghitung selisih antara konsentrasi ion Cu (II) awal dan konsentrasi ion Cu (II) sisa.

$$\text{Ion Cu(II) tereduksi (\%)} = \frac{\text{kons Cu(II) awal} - \text{kons Cu(II) sisa}}{\text{kons Cu(II) awal}} \times 100\%$$

Persentase amoksisilin yang terdegradasi dapat diketahui dengan menghitung selisih antara konsentrasi amoksisilin awal dan konsentrasi amoksisilin sisa.

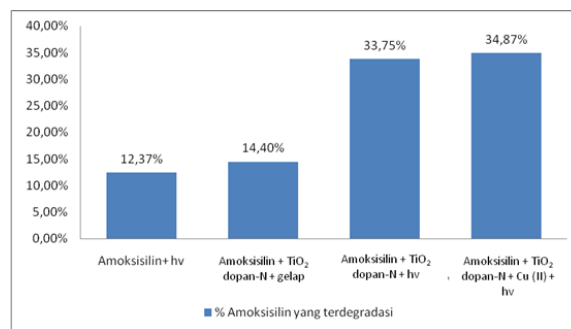
$$\% \text{ Amoksisilin terdegradasi} = \frac{\text{Amoks terdegradasi (mg)}}{\text{Amoks awal (mg)}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses fotodegradasi amoksisilin dan fotoreduksi ion logam Cu (II) dilakukan dengan cara menyinari campuran yang terdiri dari larutan amoksisilin, larutan ion logam Cu (II), serta serbuk fotokatalis TiO₂ Dopan-N menggunakan sinar lampu tungstein disertai dengan pengadukan menggunakan pengaduk magnet didalam sebuah reaktor tertutup. Lampu tungstein ini berfungsi sebagai sumber energi foton yang akan mengaktifasi TiO₂ Dopan-N sehingga reaksi fotokatalis dapat berlangsung, sedangkan pengaduk magnet digunakan untuk mencampurkan semua reaktan secara merata sehingga proses fotodegradasi amoksisilin dan fotoreduksi ion logam Cu (II) berlangsung efektif.

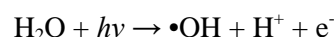
Keberadaan ion logam Cu (II) disini diharapkan dapat meningkatkan fotodegradasi amoksisilin, karena ion logam Cu (II) akan mencegah rekombinasi *hole*-elektron dengan mengikat elektron dan mengalami fotoreduksi. Ion logam Cu (II) yang tidak tereduksi ditentukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Persentase ion logam Cu (II) tereduksi diperoleh dari selisih antara konsentrasi ion logam Cu (II) mula-mula dengan konsentrasi ion logam Cu (II) sisa (tidak tereduksi).

Untuk mengetahui pengaruh penyinaran terhadap fotodegradasi amoksisilin dilakukan orientasi dengan cara menyinari larutan amoksisilin 20 mg/L tanpa penambahan fotokatalis TiO₂ Dopan-N dan larutan ion logam Cu (II). Selanjutnya dilakukan orientasi untuk mengetahui pengaruh penambahan fotokatalis TiO₂ Dopan-N terhadap fotodegradasi amoksisilin dengan dan tanpa adanya sinar lampu tungstein. Dan yang terakhir dilakukan orientasi untuk mengetahui pengaruh penambahan fotokatalis TiO₂ Dopan-N dan ion logam Cu (II) 4 mg/L serta penyinaran dengan lampu tungstein terhadap fotodegradasi amoksisilin dan fotoreduksi ion logam Cu(II). Orientasi dilakukan dengan waktu kontak selama 1 jam. Hasil kajian orientasi tersebut ditunjukkan pada gambar dibawah



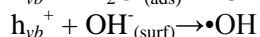
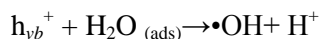
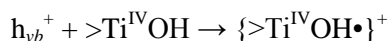
Gambar 1. Grafik Orientasi Peran Penyinaran Lampu Tungstein, Fotokatalis TiO₂ Dopan-N dan Keberadaan Ion Logam Cu (II) terhadap Fotodegradasi Amoksisilin

Hasil kajian orientasi tersebut menunjukkan bahwa penyinaran dengan dan tanpa penambahan fotokatalis TiO₂ Dopan-N dapat menurunkan konsentrasi amoksisilin. Penurunan konsentrasi amoksisilin juga terjadi pada campuran larutan amoksisilin dan fotokatalis TiO₂ Dopan-N yang direaksikan di tempat gelap (tanpa penyinaran). Penurunan konsentrasi amoksisilin yang disinari tanpa adanya fotokatalis TiO₂ Dopan-N terjadi karena adanya reaksi antara amoksisilin dengan radikal •OH yang dihasilkan dari peruraian molekul H₂O setelah menyerap sinar lampu Tungstein atau energi foton (*hν*). Reaksi penyerapan cahaya oleh H₂O selain menghasilkan elektron juga menghasilkan radikal •OH dan H⁺ yang disebut reaksi fotolisis (Burrows, dkk, 1998). Reaksi fotolisis molekul air dapat dituliskan sebagai berikut:



Pada gambar 1 juga dapat dilihat adanya penurunan konsentrasi amoksisilin yang cukup besar pada penambahan fotokatalis TiO₂ Dopan-N dengan penyinaran. Hal ini dapat terjadi karena pada saat TiO₂ Dopan-N dikenai sinar lampu Tungstein maka akan dihasilkan elektron dan radikal •OH dalam jumlah yang cukup besar (Hoffmann, dkk., 1995). TiO₂ merupakan semikonduktor dengan struktur elektronik yang khas yaitu memiliki pita valensi dan pita konduksi yang kosong sehingga ketika dikenai sinar maka akan mengalami eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi (menghasilkan *e_{cb}⁻*) yang menyebabkan adanya kekosongan atau

hole (h^+_{vb}) pada pita valensi yang dapat berperan sebagai muatan positif. Selanjutnya *hole* akan bereaksi dengan H_2O yang terdapat dalam larutan membentuk radikal $\bullet OH$. Reaksi fotokatalis dapat ditunjukkan sebagai berikut (Hoffmann, dkk., 1995):



Pelepasan radikal $\bullet OH$ akibat adanya penambahan fotokatalis TiO_2 Dopan-N yang terkena sinar lampu Tungstein ternyata lebih efektif dan menghasilkan radikal $\bullet OH$ yang lebih banyak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa peningkatan fotodegradasi amoksisilin tidak hanya akibat fotolisis H_2O saja tetapi juga karena adanya penambahan fotokatalis TiO_2 Dopan-N yang terkena sinar lampu Tungstein. Hasil yang diperoleh relatif lebih besar dibandingkan dengan perlakuan sinar lampu Tungstein saja atau adanya fotokatalis TiO_2 Dopan-N tanpa sinar lampu Tungstein.

Ion logam Cu (II) merupakan senyawa anorganik yang dapat mengalami proses fotoreduksi, sehingga keberadaannya dimungkinkan dapat memberikan pengaruh terhadap peningkatan fotodegradasi yang dikatalisis TiO_2 Dopan-N. Pada gambar 1 dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan ion logam Cu (II) ternyata memberikan hasil fotodegradasi yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena ion logam Cu (II) akan berikatan dengan elektron (mengalami reduksi) pada permukaan TiO_2 sehingga dapat mencegah terjadinya penggabungan kembali antara elektron dengan radikal $\bullet OH$. Dengan demikian, jumlah radikal $\bullet OH$ yang tersedia untuk mendegradasi amoksisilin lebih banyak, sehingga proses fotodegradasi meningkat.

Penentuan sisa hasil amoksisilin yang tidak terdegradasi dapat dilakukan dengan Spektrofotometer UV. Hasil fotodegradasi dinyatakan dalam persen (%) amoksisilin terdegradasi yang dihitung berdasarkan selisih massa amoksisilin mula-mula dengan amoksisilin sisa. Pengukuran amoksisilin yang tidak terdegradasi diawali dengan pencarian panjang gelombang maksimal.

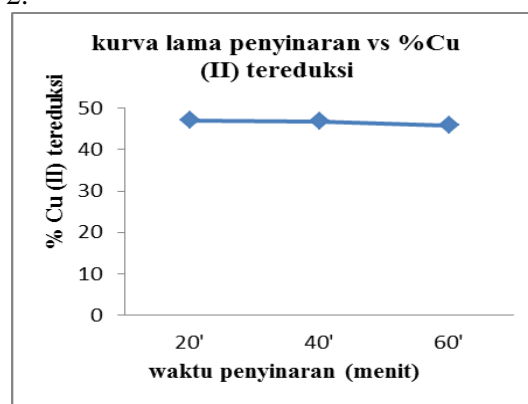
Pencarian panjang gelombang maksimal ini bertujuan untuk menentukan panjang gelombang yang memberikan serapan yang maksimal. Dari hasil *scanning* didapatkan bahwa serapan amoksisilin yang maksimal ada pada panjang gelombang 230-247 nm (Gummadi dkk, 2012). Amoksisilin dapat dianalisis dengan spektrofotometer UV karena terdapat gugus kromofor dan aoksokrom (Fogarty, 2013).

Parameter pengaruh waktu penyinaran terhadap fotoreduksi ion Cu (II) dengan katalis TiO_2 Dopan-N dilakukan dengan waktu penyinaran yang bervariasi yaitu 20, 40, 60, dan 80 menit. Proses tersebut dilakukan dengan menyinari campuran 25 mL larutan Cu (II) 4 mg/L, 50 mL larutan amoksisilin 50 mg/L dan 50 mg serbuk fotokatalis TiO_2 Dopan-N dalam reaktor tertutup. Hasil fotoreduksi ion Cu (II) yang diperoleh ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Waktu penyinaran terhadap Fotoreduksi Ion Cu (II) dengan Katalis TiO_2 Dopan-N dengan Keberadaan Amoksisilin

Waktu penyinaran (menit)	Ion Logam Cu(II) Tereduksi (%)
20	47,08
40	46,78
60	45.83

Dari tabel di atas maka % ion Cu (II) yang tereduksi dengan berbagai variasi waktu penyinaran dapat diperjelas dengan gambar 2.



Gambar 2. Kurva Pengaruh Lama Penyinaran terhadap % Cu Tereduksi

Pada tabel dapat ditunjukkan bahwa pada waktu penyinaran 20 sampai dengan 80

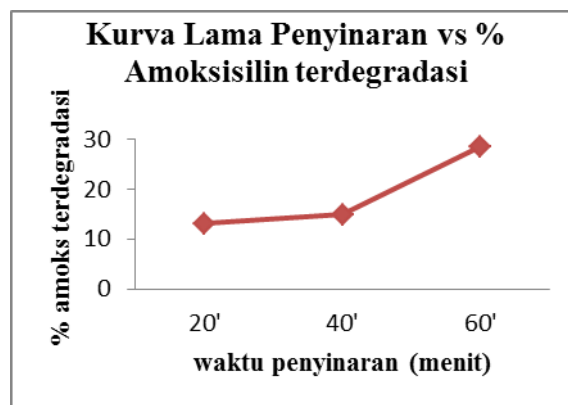
menit terjadi penurunan proses fotoreduksi ion Cu (II) sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi ion Cu (II) dalam larutan seiring dengan semakin lama waktu penyinarannya. Semakin lamanya penyinaran maka semakin lama juga kontak antara fotokatalis TiO_2 Dopan-N dengan energi foton dari sinar lampu. Dengan demikian maka semakin banyak elektron yang tersedia di permukaan fotokatalis TiO_2 Dopan-N. Semakin banyak elektron yang dihasilkan maka ion Cu (II) lebih banyak bereaksi dengan elektron tersebut. Jika banyak ion Cu (II) yang bereaksi dengan elektron maka dapat dipastikan bahwa penurunan konsentrasi ion Cu (II) dalam larutan semakin meningkat. Penentuan ion Cu (II) yang tersisa setelah proses fotoreduksi dapat dilihat dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Ion Cu (II) yang tersisa dari hasil fotoreduksi diubah menjadi atom dalam SSA sehingga dapat dianalisis dengan metode ini.

Hal yang sama terjadi pula pada proses fotodegradasi amoksisilin. Hasil pengaruh waktu penyinaran terhadap fotodegradasi amoksisilin dapat dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Waktu penyinaran Fotokatalis TiO_2 Dopan-N terhadap Fotodegradasi Amoksisilin dengan adanya Ion Logam Cu (II)

Waktu penyinaran (menit)	Amoksisilin terdegradasi (%)
20	13,03
40	14,85
60	28,52

Untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang pengaruh variasi waktu penyinaran terhadap fotodegradasi amoksisilin maka dapat dilihat pada gambar



Gambar 3. Kurva pengaruh Lama Penyinaran terhadap % Amoksisilin Terdegradasi

Dari gambar tersebut dijelaskan bahwa semakin waktu penyinaran maka semakin besar pula proses fotodegradasi amoksisilin yang terjadi. Dengan makin lamanya penyinaran maka sinar foton yang meradiasi TiO_2 semakin banyak, sehingga *hole* yang bereaksi dengan H_2O untuk membentuk radikal $\bullet\text{OH}$ juga semakin banyak (Darmawan, 2013). Apabila semakin banyak radikal $\bullet\text{OH}$ yang terbentuk maka semakin besar pula amoksisilin yang bereaksi dengannya dan konsentrasi amoksisilin dalam larutan juga akan semakin menurun.

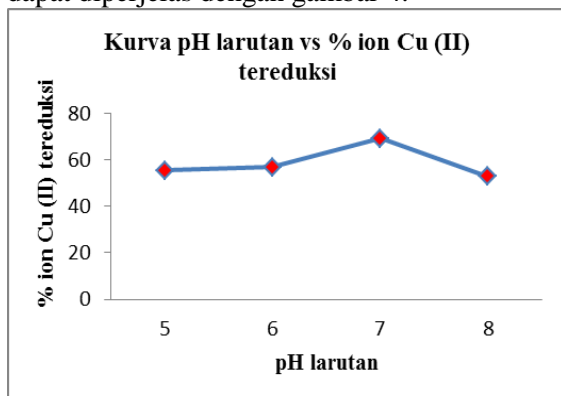
Pengaruh pH larutan terhadap hasil fotodegradasi amoksisilin dan fotoreduksi ion Cu(II) yang dikatalis TiO_2 Dopan N akan dipelajari pada penelitian ini. Hal ini karena spesiasi amoksisilin, ion Cu(II), dan TiO_2 merupakan fungsi pH larutan. Jenis spesies yang ada dalam larutan menentukan kemudahan amoksisilin untuk terdegradasi, TiO_2 untuk menghasilkan radikal $\bullet\text{OH}$ dan melepaskan

elektron, serta ion Cu(II) untuk tereduksi. Pengaruh pH larutan terhadap efektivitas fotoreduksi ion Cu(II) dipelajari dengan cara melakukan reaksi fotoreduksi pada berbagai pH larutan yaitu 5, 6, 7 dan 8. Hasil penelitian ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh pH larutan terhadap fotoreduksi ion logam Cu(II) dengan adanya Amoksisilin

pH larutan	Ion Logam Cu(II) tereduksi(%)
5	55,36
6	56,87
7	69,13
8	62,85

Dari tabel di atas maka % ion Cu (II) yang tereduksi dengan berbagai variasi pH dapat diperjelas dengan gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh pH larutan terhadap fotoreduksi ion Cu(II)

Gambar 10 menunjukkan bahwa fotoreduksi ion Cu(II) tertinggi pada pH 7 atau netral hal ini disebabkan karena pada spesiasi ion Cu(II) sampai pada pH 7, Cu(II) terdapat dalam dua fraksi yaitu fraksi ion Cu^{2+} dan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ tetapi yang lebih dominan adalah fraksi ion Cu^{2+} . Konsentrasi fraksi ion Cu^{2+} akan berkurang pada pH lebih dari 9. Pada pH 7 juga terbentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dengan konsentrasi fraksi yang meningkat sampai pada pH 9 dan konstan sampai pH 14. Dan pada pH 10 mulai terbentuk juga $\text{Cu}(\text{OH})^+$ dan CuO dalam bentuk padat atau endapan. Diantara spesies-spesies tersebut yang paling mudah tereduksi adalah spesies ion Cu^{2+} .

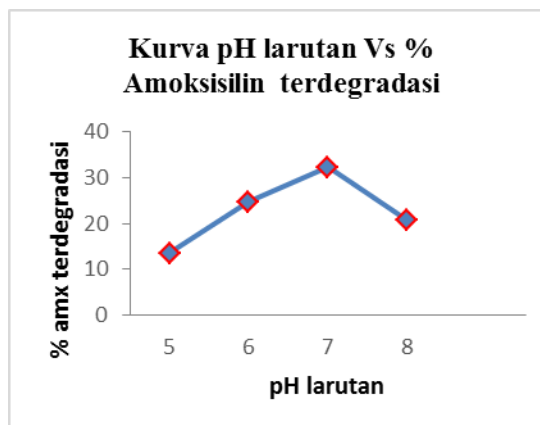
Pengaruh pH larutan terhadap efektivitas fotodegradasi amoksisilin yang terkatalisis TiO_2 Dopan-N dipelajari dengan cara melakukan reaksi fotoredegradasi pada berbagai pH larutan yaitu 5, 6, 7 dan 8. Hasil penelitian ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh pH larutan terhadap fotodegradasi Amoksisilin dengan adanya ion logam Cu(II)

pH larutan	Amoksisilin terdegradasi(%)
5	13,48
6	24,65
7	32,25
8	20,78

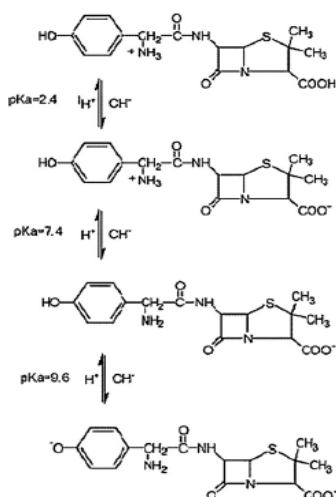
Untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang pengaruh variasi pH

terhadap fotodegradasi amoksisilin maka dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5. Pengaruh pH larutan terhadap fotodegradasi amoksisilin yang terkatalisis TiO_2 dopan-N

Gambar 11 menunjukkan bahwa pada pH asam maka efektivitas fotodegradasi amoksisilin semakin tinggi dengan kenaikan pH dan pH netral memberikan % degradasi tertinggi sedangkan pada pH netral mengalami penurunan. Didasarkan pada spesiasi amoksisilin dapat diberikan penjelasan sebagai berikut. Jika dilihat pada gambar 12, pada pH asam amoksisilin akan bermuatan positif dan pada pH basa amoksisilin akan bermuatan negatif (Chemie, 2005). Pada pH asam tingginya degradasi disebabkan karena amoksisilin bermuatan positif. Hal ini menyebabkan terbukanya cincin β -laktam dan rusaknya ikatan amida sehingga menghasilkan struktur yang kompleks (Elmolla dan Chaudhuri, 2009). Struktur tersebut lebih mudah diserang oleh radikal $\bullet\text{OH}$ sehingga reaksi fotodegradasi dapat meningkat. Sedangkan pada pH basa kemungkinan terjadi hidrolisis dari amoksisilin.



Gambar 6. Spesiasi amoksisilin pada pH yang berbeda (Elmolla dan Chaudhuri, 2009)

Selain itu, pembahasan juga dapat dikemukakan berdasarkan spesiasi TiO_2 . Kemudahan TiO_2 dalam menyediakan elektron selaras dengan kemudahannya dalam membentuk radikal $\bullet\text{OH}$. Dalam larutan berair TiO_2 berbentuk $>\text{TiOH}_2^+$, $>\text{TiOH}$, dan TiO^- . Pada pH kurang dari 3, TiO_2 dijumpai dalam bentuk $>\text{TiOH}_2^+$. Pada pH 3-10 TiO_2 berupa $>\text{TiOH}$ dan pH di atas 10 TiO_2 berupa TiO^- . Diantara spesiasi TiO_2 yang ada, spesiasi $>\text{TiOH}$ yang paling mudah membentuk radikal $\bullet\text{OH}$ dan melepas elektron daripada $>\text{TiOH}_2^+$ dan TiO^- . Berdasarkan spesiasi ini sangat mungkin fotodegradasi amoksisilin efektif terjadi pada pH antara 3-10.

KESIMPULAN

1. Adanya pengaruh lama penyinaran terhadap fotodegradasi amoksisilin.
2. Adanya perbedaan pH larutan dapat mempengaruhi efektivitas fotodegradasi amoksisilin, pada pH 5 sampai 7 efektivitas fotodegradasi amoksisilin mengalami kenaikan, kemudian mengalami penurunan pada pH 8.
3. Kondisi reaksi yang menghasilkan proses fotodegradasi amoksisilin paling optimum yaitu pada larutan pH 7 dan lama penyinaran 80 menit.

SARAN

1. Perlu dipelajari pengaruh adanya ion logam, anion, dan senyawa organik lain terhadap efektivitas fotodegradasi amoksisilin, mengingat bahwa amoksisilin

di lingkungan perairan sangat mungkin ada bersama-sama dengan ion logam, maupun senyawa organik lainnya.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang uji degradasi amoksisilin menggunakan metode KCKT agar diperoleh peak amoksisilin utuh dan terpisah dari bentuk degradasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bila, D. dan Denzotti, M. 2003. Pharmaceutical Drugs In The Environment. *Quimica Nova*. **26** : 523-530
- Budavari, S. 1989. *The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biological*. New Jersey : Merck & Co. Inc.
- Chen, X. and Burda, C. 2008. The Electronic Origin of The Visible-Light Absorption Properties of C-, N- and S-Doped TiO_2 Materials. *J. Am. Chem. Soc.* **15** : 5018-5019
- Chotimah, K. 2012. Preparasi dan Karakterisasi N-doped TiO_2 dengan Metode Anodisasi serta Uji Aktivitas Degradasinya terhadap Zat Warna Congo Red. *Skripsi*. Jakarta : Fakultas MIPA Universitas Indonesia
- Dhanya, T.P., & Sugunan, S. 2013. Preparation, Characterization and Photocatalytic Activity of N Doped TiO_2 . *IOSR Journal of Applied Chemistry*. **4**(3) : 27-33
- Dong, C.X., Xian, A.P., Han, E.H. & Shang, J.K. 2007. C-Doped TiO_2 With Visible Light Photocatalytic Activity. *Solid State Phenomena*. **121-123** : 939-942
- Elmolla, E. S. dan Chaudhuri, M. 2009. *Photocatalytic Degradation of Some Antibiotics in Aqueous Solution*. Malaysia : Water Malaysia
- Gunlazuardi, J. 2001. Fotokatalisis pada Permukaan TiO_2 : Aspek Fundamental dan Aplikasinya. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Fisika II: Kimia Fisika Sebagai Solusi Proses Kimia Industri dan Pelestarian Lingkungan*. Jakarta: Kimia FMIPA-UI
- Hoffmann, M. R., Martin, S. T., Choi, W., dan Bahnemann, D. W. 1995. Environmental Applications of

- Semiconductor Photocatalysis. *Chem. Rev.* **95** : 69-96
- Kokila,P., Senthilkumar, V., & Nazeer,K.P. 2011. Preparation and Photocatalytic Activity of Fe³⁺- Doped TiO₂ Nanoparticles. *Archives of Physics Research*.**2**.(1) : 246-253
- Nakato, Y., Nakamura, R. & Tanaka, T. 2004. Mechanism for Visible Light Responses in Anodic Photocurrents at N-Doped TiO₂ Film Electrodes. *J. Phys. Chem. B.* **30** : 10617-10620
- Riyani, K., Setyaningtyas, T., Dwiasih,D.W. 2012. Pengolahan Limbah Cair Batik menggunakan Fotokatalis TiO₂ Dopan- N dengan Bantuan Sinar Matahari.*Valensi.* **2.** (5): 581-587
- Rockafellow, E.M., Stewart, L.K., & Jenks, W.S. 2009. Is Sulfur-Doped TiO₂ an Effective Visible Light Photocatalyst for Remediation. *Applied Catalysis B Environmental.* **91** : 554-562
- Tang, Y.C., Huang, X. H., Yu, h. Q.,& Tang, L.H. 2011. Nitrogen-Doped TiO₂ Photocatalyst Prepared by Mechanochemical Method ; Doping Mechanisms and Visible Photoactivity of Pollutant Degradation. *International Journal of Photoenergy.* **2012** : 1-10