

# STUDI PENURUNAN ION TEMBAGA PADA SAMPEL LIMBAH BUATAN DENGAN FOTOKATALIS $\text{TiO}_2$ DAN PARAMETER LAMA WAKTU PENYINARAN SINAR MATAHARI

## STUDY OF DEGRADATION ION COPPER BY ARTIFICIAL WASTE WATER USING $\text{TiO}_2$ AS FOTOKATALYSTIC WITH TIME SPREADING

Alia Damayanti<sup>1)</sup> dan Trias Yuniar<sup>1)</sup>  
<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS  
email: lia@its.ac.id

### Abstrak

Salah satu alternatif dalam pemecahan masalah tersebut adalah metode fotokimia dengan memanfaatkan energi matahari dan katalis  $\text{TiO}_2$ . Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh parameter lama waktu penyinaran terhadap penurunan konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$ . Lama penyinaran optimum yang didapat dari penelitian ini adalah selama 60 menit karena semakin lama waktu penyinaran, maka prosentase penurunan konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  pada waktu berikutnya mendekati garis linier. Prosentase penurunan konsentrasi yang terjadi yaitu sebesar 81,44 %.

Kata kunci : air limbah buatan, energi matahari, ion tembaga, katalis  $\text{TiO}_2$

### Abstract

Ion  $\text{Cu}^{2+}$  as heavy metal in artificial waste water needs to be removed by one of new relatively methods which is photochemistry by using solar energy and  $\text{TiO}_2$  catalyst. The aim of the experiment was to research the influence of  $\text{TiO}_2$  catalyst and parameter of light expose duration to decrease  $\text{Cu}^{2+}$  concentration. Optimum exposure from this research was 60 minutes. This because the longer exposure duration will result the percentage of  $\text{Cu}^{2+}$  would decline and approach linear line. Declination percentage was achieved at 81,44 %.

Keywords : artificial waste water, Ion  $\text{Cu}^{2+}$ , sun energy,  $\text{TiO}_2$  catalyst

### 1. PENDAHULUAN

Tembaga (Cu) adalah salah satu jenis logam berat yang banyak terdapat pada limbah–limbah industri seperti industri electroplating, pelapisan logam, soda kostik, dll. Limbah industri yang mengandung Cu dapat menimbulkan pencemaran pada badan air penerima limbah tersebut jika kadarnya melebihi ambang batas yang telah ditetapkan. Beberapa jenis ikan juga dapat mengakumulasi Cu dalam tubuhnya, sehingga bila ikan ini dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan gangguan–gangguan kesehatan seperti sakit perut, iritasi kulit, muntah–muntah, dan anemia. Level Cu yang sangat tinggi dapat merusak pankreas dan mengganggu metabolisme protein pada tubuh manusia. Oleh karena itu, perlu dikembangkan alternatif–alternatif baru dalam pengolahan limbah yang mengandung Cu.

Alternatif dalam pemecahan masalah ini salah satunya adalah metode fotokimia dengan memanfaatkan energi matahari dan katalis Titanium dioksida untuk menurunkan kadar Cu dalam air limbah. Penggunaan energi matahari sebagai sumber energi alternatif mulai banyak dikembangkan karena Indonesia sebagai negara tropis mudah mendapatkan sinar matahari secara berlebih dan dapat diperoleh dengan gratis. Selain itu, sinar matahari juga memiliki dampak lingkungan yang cukup baik (non pollutif) sehingga dapat digunakan untuk mereduksi logam berat  $\text{Cu}^{2+}$  dengan bantuan katalis Titanium dioksida. Alasan pemilihan katalis  $\text{TiO}_2$  sebagai katalis yaitu karena Titanium dioksida mudah didapatkan di alam dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Selain itu Titanium dioksida juga bersifat lebih stabil dibandingkan dengan jenis katalis yang lainnya

Energi sinar matahari adalah merupakan energi yang murah dan non pollutif sehingga dengan memperhatikan beberapa karakteristik Cu dan sinar matahari dapat dicoba untuk memanfaatkan sinar matahari dalam mereduksi limbah Cu. Karena selama ini penanganan limbah yang mengandung  $\text{Cu}^{2+}$  masih menjadi hal yang perlu mendapatkan perhatian khusus sehingga sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah yaitu SK Gub Jatim No. 45/2002.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama waktu penyinaran terhadap reduksi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ .

Energi yang datang ke Bumi sebagian besar merupakan pancaran radiasi matahari. Energi ini kemudian ditransformasikan menjadi bermacam-macam bentuk energi, misalnya seperti pemanasan permukaan Bumi, gerak dan pemanasan atmosfer, gelombang lautan, fotosintesa tanaman dan reaksi fotokimia lainnya. Matahari sebagai dapur nuklir menghasilkan panas yang sangat tinggi sebagai hasil dari reaksi thermonuklir yang terjadi di matahari. Suhu pada pusat matahari (pada inti) diperkirakan mencapai lebih dari  $14.000.000^{\circ}\text{C}$ , sedangkan suhu permukaannya relatif dingin, yaitu sekitar  $5.000-6.000^{\circ}\text{C}$ . Besarnya intensitas sinar matahari yang jatuh ke bumi akan selalu berubah. Perbedaan waktu dalam sehari memberikan intensitas sinar yang berbeda pula. Hal ini disebabkan karena bumi terus berputar pada porosnya. Dari penelitian yang pernah dilakukan, diperoleh bahwa untuk negara Indonesia yang beriklim tropis, intensitas sinar matahari tertinggi yang diterima adalah pada siang hari pukul 10.00 sampai 14.00 WIB, dan pada kisaran waktu tersebut intensitas sinar matahari dianggap tetap, karena perbedaan intensitas sinarnya relatif kecil.

Berdasarkan daya hantar panas dan listriknnya, semua unsur-unsur kimia yang terdapat dalam susunan berkala dapat dibagi atas dua golongan yaitu golongan logam dan non logam. Istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur-unsur kimia dengan ketentuan-ketentuan tertentu. Unsur ini dalam kondisi suhu kamar, tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair. Ciri-ciri logam yaitu mempunyai kemampuan yang baik sebagai penghantar listrik/konduktor, memiliki kemampuan sebagai penghantar panas yang baik, dapat membentuk alloy dengan logam yang lainnya

serta untuk logam yang padat, dapat ditempa dan dibentuk

Di samping itu, setiap unsur logam baik yang padat maupun yang berbentuk cair, akan memberikan ion positif apabila senyawanya dilarutkan dalam air. Sedangkan bentuk oksidanya akan membentuk hidroksida bila bereaksi dengan air. Unsur logam yang terdapat dalam tabel periodik ditemukan hampir pada setiap golongan kecuali pada golongan VII-A dan golongan VIII-A (Palar, 1994).

Istilah logam berat telah dipergunakan secara luas sehingga suatu istilah yang menggambarkan bentuk dari logam tertentu. Karena pada dasarnya logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam-logam lainnya. Perbedaan ini terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Menurut Palar (1994), karakteristik dari kelompok logam berat dapat disimpulkan bahwa logam berat memiliki berat jenis lebih besar atau sama dengan 4, mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida serta mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Tembaga dengan nama kimia Cupprum dilambangkan dengan Cu. Tembaga adalah logam merah muda yang lunak, dapat ditempa dan liat. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia, logam Cu mempunyai ciri-ciri fisik yaitu memiliki nomor atom 29, berat atom 63,546, golongan I B, kerapatan 8,54 serta titik didih  $2310^{\circ}\text{C}$ .

Tembaga merupakan logam yang diperlukan oleh manusia untuk metabolisme besi dalam sintesa hemoglobin, untuk keperluan ini manusia dewasa memerlukan sekitar 2 mg Cu/hari. Sebagai logam berat, Cu juga termasuk logam berat yang mempunyai sifat toksik sehingga bila terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup dapat menyebabkan gangguan kesehatan bahkan kematian. Tembaga (Cu) mempunyai sifat toksik yang tinggi dalam lingkungan akuatik dan memiliki efek pada ikan, invertebrata, dan amphibi. Tembaga memiliki sifat toksisitas yang tinggi pada amphibi dengan efek terutama pada embrio. Dan juga pada dapat mengakibatkan kematian serta kehilangan sejumlah natrium. Tembaga akan mengalami biokonsentrasi pada organ-organ yang berbeda pada ikan dan moluska. Ikan, invertebrata dan tanaman akuatik muncul dengan sensitivitas yang sama pada toksisitas

yang kronis. Konsentrasi yang mendekati 1 mg/l dapat bersifat toksik pada ikan (Darmono, 1995).

Fotokimia adalah ilmu yang mempelajari reaksi-reaksi kimia yang diinduksi oleh sinar secara langsung maupun tidak langsung. Reaksi biasa yang berlangsung dalam gelap memperoleh energi pengaktifannya melalui tumbukan antar molekul yang acak dan saling berurutan. Reaksi fotokimia menerima energi pengaktifannya dan penyerapan foton cahaya oleh molekul-molekulnya. Karena itu reaksi ini memberikan kemungkinan selektifitas yang tinggi, yang berarti energi dari kuantum cahaya tepat sesuai untuk reaksi tertentu saja. Jadi tahap pengaktifan dalam reaksi fotokimia cukup berbeda dan lebih selektif dibandingkan pengaktifan reaksi biasa. Keadaan elektronik molekul yang tereksitasi mempunyai energi dan distribusi elektron yang berbeda dari keadaan dasar, sehingga sifat kimianya pun berbeda (Sukardjo, 1989).

Konversi energi cahaya ke energi kimia ataupun energi listrik adalah merupakan prinsip dasar elektrokimia. Untuk mempercepat reaksi konversi dibutuhkan suatu katalis yang dalam hal ini disebut fotokatalis. Dimana untuk aktifnya katalis tersebut dibutuhkan suatu energi cahaya dari sekitarnya. Jadi bilamana terjadi absorpsi foton oleh suatu atom atau molekul maka akan terjadi desakan elektron ke level yang tinggi, sehingga akan terjadi eksitasi pasangan antara elektron dan hole.

Apabila hal tersebut terjadi dalam larutan yang mengandung fotokatalis bersama-sama dengan bahan lain yang bisa tereduksi atau teroksidasi dan menerima energi foton yang mana energi foton lebih besar dari celah energi ( $E_g$ ) maka elektron bebas akan keluar dan berpasangan dengan hole yang ada dan pasangan hole elektron inilah yang akan berperan dalam reaksi fotokimia.

Pada reaksi fotokimia yang paling penting adalah proses deaktivasi pada keadaan tereksitasi. Proses absorpsi sinar adalah suatu fenomena spesifik dan secara umum hanya merupakan bagian dari molekul. Reaksi fotokimia adalah sangat selektif. Sensitivitasnya adalah disebabkan pada fotosensibilisasi. Reaksi fotokimia ada 2 proses yaitu proses fotokimia primer dan proses fotokimia sekunder.

Suatu molekul organik pada keadaan tereksitasi (singlet atau triplet) dapat berada pada proses fotokimia primer yang dapat diberikan dalam desosiasi

radikal bebas, dekomposisi dalam molekul-molekul, perubahan dalam intra molekuler, foto addisi, foto ionisasi serta pelepasan satu atom hidrogen

Biasanya proses fotokimia sekunder terjadi apabila proses fotokimia primer adalah merupakan dekomposisi dalam radikal bebas. Radikal-radikal bebas yang terbentuk secara umum adalah ekseks atau kelebihan energi. Pada larutan, rekombinasi umumnya adalah dalam suatu kurungan pelarut dan kecepatan rekombinasi sering lebih besar daripada difusi pelarut (Ure dan Davidson, 1995).

## 2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada skala laboratorium. Sampel yang digunakan adalah sampel Cu buatan. Variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah variasi dosis katalis 500 mg/l; 1.000 mg/l; 1.500 mg/l, variasi luas penyinaran 19,625 cm<sup>2</sup>; 28,26 cm<sup>2</sup>, 38,465 cm<sup>2</sup>, variasi kedalaman reaktor : 4 cm, 5 cm dan 6 cm serta variasi penambahan CH<sub>3</sub>COONa dan yang tidak ditambahkan CH<sub>3</sub>COONa. Sedangkan parameter yang diukur adalah penurunan kadar Cu<sup>2+</sup>

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

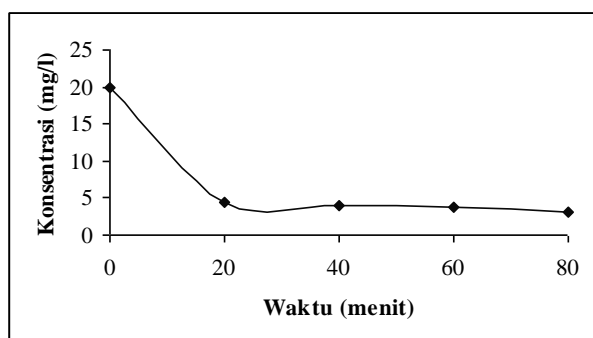
Penentuan lama penyinaran ini dilakukan untuk mendapatkan lama penyinaran yang akan digunakan pada penelitian selanjutnya. Dari beberapa penelitian fotokimia yang lain terdapat lama waktu penyinaran optimum artinya untuk waktu penyinaran lebih dari waktu optimum maka grafik penurunan mendekati linier (Dermawan, 2000). Lamanya waktu penyinaran ini menyebabkan katalis TiO<sub>2</sub> tetap memperoleh energi foton dari sinar matahari sehingga proses reduksi ion logam tembaga (Cu<sup>2+</sup>) tetap berlanjut. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan reaktor beker glas berdiameter 7 cm (luas penyinaran 38,465 cm<sup>2</sup>) dan kedalaman 5 cm dengan konsentrasi Cu<sup>2+</sup> awal sebesar 20 mg/l. Dosis katalis TiO<sub>2</sub> yang digunakan pada penelitian ini adalah 500 mg/l.

Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan semakin lama waktu penyinaran maka semakin besar pula prosentase penurunan konsentrasi Cu<sup>2+</sup> yang terjadi yaitu pada waktu 80 menit dengan prosentase reduksi sebesar 84,37%.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$ 

Waktu (menit)	Konsentrasi (mg/l)	% Penurunan
0	20	-
20	4.509	77.46
40	3.977	80.12
60	3.712	81.44

Namun, untuk penelitian selanjutnya lama penyinaran yang akan digunakan adalah penyinaran selama 20 menit karena penurunan konsentrasi pada saat 20 menit menurun secara drastis dan setelah waktu berikutnya yaitu pada saat 40, 60, dan 80 menit grafik penurunan konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  mendekati linier. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1. Bila dibandingkan dengan SK. Gubernur Jawa Timur No. 45/2002 hasil akhir dari konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  pada saat 20 menit telah memenuhi baku mutu limbah cair untuk golongan IV.

**Gambar 1.** Grafik Konsentrasi Ion Logam  $\text{Cu}^{2+}$  terhadap waktu

Lamanya waktu penyinaran ini berbeda-beda untuk setiap ion logam yang akan direduksi dengan menggunakan proses fotokimia. Sebagai contoh, untuk proses reduksi  $\text{Cr}^{3+}$  yang pernah dilakukan oleh Yuliani, 1993 menghasilkan proses reduksi  $\text{Cr}^{3+}$  sebesar 50–60 % dalam waktu 5 jam. Penelitian yang lain untuk logam  $\text{Hg}^{2+}$  yang pernah dilakukan oleh Afandi (1998) menghasilkan proses reduksi sebesar 80–90% dalam waktu 1 jam.

Penelitian mengenai pengaruh sinar matahari dan katalis  $\text{TiO}_2$  secara bersamaan terhadap penurunan konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ . Percobaan ini dilakukan untuk membuktikan bahwa penurunan konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  hanya dapat terjadi apabila ada kedua unsur seperti katalis Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dan sinar matahari sehingga proses yang terjadi untuk mereduksi  $\text{Cu}^{2+}$  adalah proses fotokimia.

Penelitian untuk mengetahui pengaruh sinar matahari terhadap proses fotokimia dilakukan pada re-

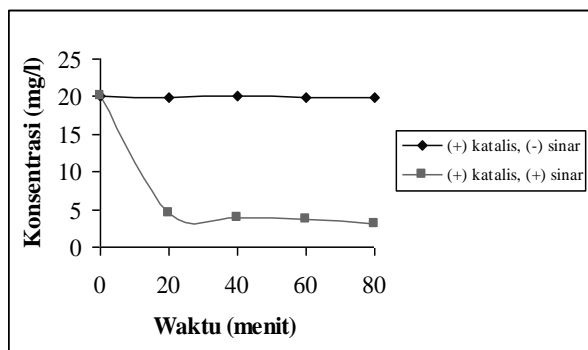
aktor beker gelas dengan luas penyinaran  $38,465 \text{ cm}^2$  dan kedalaman 5 cm dengan konsentrasi awal ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  sebesar 20 mg/l yang memperoleh perlakuan adanya penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  sebesar 500 mg/l namun minus penyinaran. Hasil pengukuran konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  tanpa penyinaran dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Konsentrasi Ion Logam Dengan Penambahan Katalis  $\text{TiO}_2$ 

Waktu (menit)	Konsentrasi (mg/l)	
	+ katalis	+ katalis + sinar
0	20	20
20	19.932	4.509
40	19.986	3.977
60	19.964	3.712
80	19.978	3.126

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa grafik penurunan konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  mendekati garis linier yang menandakan tidak terjadi penurunan konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  pada saat penambahan katalis  $\text{TiO}_2$  namun minus penyinaran, meskipun angka nominalnya tidak tepat sama dengan konsentrasinya, yakni 20 mg/l. Hal ini kemungkinan bisa dikarenakan kurangnya ketelitian pada saat pengukuran.

Sedangkan untuk percobaan dengan penambahan katalis beserta sinar secara bersamaan, sangatlah berbeda hasilnya jika dibandingkan dengan percobaan yang dilakukan tanpa penyinaran dimana pada grafik penurunan konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  terjadi penurunan konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ . Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa proses reduksi dengan menggunakan proses fotokatalisis tidak dapat berlangsung, jika pada percobaan hanya diberi perlakuan penambahan katalis saja.

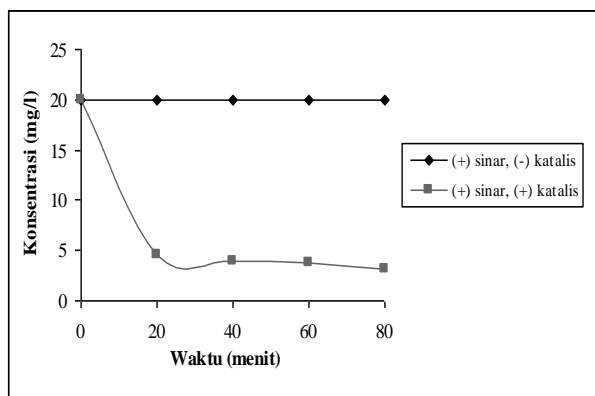
**Gambar 2.** Grafik Penurunan Konsentrasi Ion Logam  $\text{Cu}^{2+}$  Dengan Penyinaran Dan Tanpa Penyinaran

Penelitian juga dilakukan pada reaktor beker glas dengan luas penyinaran 38,465 cm<sup>2</sup> dan kedalaman 5 cm dengan konsentrasi awal ion logam Cu<sup>2+</sup> sebesar 20 mg/l yang memperoleh perlakuan adanya penambahan sinar matahari namun minus katalis TiO<sub>2</sub>. Hasil pengukuran konsentrasi Cu<sup>2+</sup> tanpa penambahan katalis TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pengukuran Konsentrasi Ion Logam Tanpa Penambahan Katalis TiO<sub>2</sub>

Waktu (menit)	Konsentrasi (mg/l)	
	+ sinar	+ katalis + sinar
0	20	20
20	19.952	4.509
40	19.984	3.977
60	19.987	3.712
80	19.953	3.126

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa grafik penurunan konsentrasi Cu<sup>2+</sup> mendekati garis linier yang menandakan tidak terjadi penurunan konsentrasi ion logam Cu<sup>2+</sup> pada saat tidak ditambahkan katalis TiO<sub>2</sub> melainkan hanya dengan penyinaran saja, meskipun angka nominalnya tidak tepat sama dengan konsentrasi awalnya, yakni 20 mg/l. Hal ini kemungkinan bisa dikarenakan kurangnya ketelitian pada saat pengukuran.



**Gambar 3.** Grafik Penurunan Konsentrasi Ion Logam Cu<sup>2+</sup> Dengan Katalis TiO<sub>2</sub> Dan Tanpa Katalis TiO<sub>2</sub>

Dari percobaan dengan menggunakan katalis saja atau sinar saja menunjukkan bahwa tidak terjadi penurunan konsentrasi ion logam Cu<sup>2+</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi ion logam Cu<sup>2+</sup> hanya dapat terjadi bila ada reaksi bersama antara sinar matahari dengan katalis TiO<sub>2</sub> yang disebut reaksi fotokimia. Reaksi fotokimia bekerja pada gelombang sinar tampak dan UV yaitu pada

200–700 nm. Ketika ion logam hanya diberi sinar, proses reduksi tidak terjadi karena energi dari sinar matahari yang masuk tidaklah cukup untuk memutuskan ikatan elektron ion logam pada strukturnya. Untuk memutuskan ikatan elektron ini diperlukan energi yang besar di atas band gap (celah energi) elektron untuk lepas dari ikatannya. Selain itu, hal yang menyebabkan tidak terjadinya proses reduksi juga dapat disebabkan karena tidak ada media penerima sinar matahari yang mengkonversinya menjadi energi untuk reaksi reduksi ini.

Reaksi fotokimia dapat mereduksi bahan-bahan tertentu jika fotokatalisnya yaitu Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) diaktifkan terlebih dahulu dengan menyinarinya menggunakan sinar matahari (Chen dan Ray, 2001). Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) menyerap sinar dan mengaktifkan reaksi untuk mendegradasi polutan yang terkandung di dalam larutan dan mengubahnya menjadi senyawa yang tak beracun yang dapat dilepaskan ke lingkungan sekitarnya (Widodo, 1996).

#### 4. KESIMPULAN

Lama penyinaran optimum yang didapat dari penelitian ini adalah selama 60 menit karena semakin lama waktu penyinaran, maka prosentase penurunan konsentrasi Cu<sup>2+</sup> pada waktu berikutnya mendekati garis linier. Prosentase penurunan konsentrasi yang terjadi yaitu sebesar 81,44 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afandi. (1998). **Uji Efektifitas Pemanfaatan Sinar Matahari untuk Mereduksi Merkuri. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS.** Surabaya.
- Chen, D dan Ray, A.K. (2001). **Removal of Toxic Metal Ions from Wastewater by Semiconductor Photocatalysis.** Chemical Engineering Science, 56, 1561-1570.
- Darmono. (1995). **Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup.** UI – Press. Jakarta.
- Dermawan, D. (2000). **Uji Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Menggunakan Fotokatalis Titanium Dioksida.** Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS. Surabaya.

Palar H. (1994). **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat**. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.

Sukardjo. (1989). **Kimia Fisika**. Bina Aksara. Jakarta.

Ure, A.M dan Davidson, C.M. (1995). **Chemical Speciation in The Environmental**. Blackie Academic and Professional. Chapman and Hall, Werter Cledden Road. Glasgow.

Widodo, A.A. (1996). **Reaksi Photokatalisasi Sebagai Salah Satu Aplikasi Energi Sinar Matahari Untuk Mengatasi Masalah Polusi**. Majalah BPPT. Jakarta.

Yuliani. (1993). **Fotoreduksi Kromium (Cr)**. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Penyehatan FTSP – ITS. Surabaya.