

PENURUNAN KOSENTRASI SURFACTAN PADA LIMBAH DETERGEN DENGAN PROSES PHOTOKATALITIK SINAR UV

Sintha Soraya Santi

Jurusan Teknik Kimia , Fakultas Teknologi Industri UPN "veteran" Jawa Timur

Abstrak

Fotokimia telah banyak digunakan sebagai alternatif pengolahan air. Reaksi fotokimia adalah reaksi-reaksi kimia yang diinduksi oleh cahaya baik secara langsung maupun tidak langsung. Konversi cahaya menjadi energi kimia atau listrik merupakan prinsip dasar fotokimia. Untuk mempercepat reaksi konversi diperlukan adanya katalis yang disebut fotokatalis. Katalis akan aktif apabila memperoleh energi cahaya. Dalam proses fotokimia akan terbentuk hidroksil radikal yang akan menurunkan senyawa organik di dalam air limbah seperti surfactant dalam limbah detergen layanan cuci (laundry) yang sulit didegradasi. Dalam proses penurunan konsentrasi surfactant digunakan katalis Titanium Dioksida (TiO_2) dengan sumber cahaya yang digunakan adalah lampu UV yang divariasikan yaitu 15 watt, 30 watt dan 36 watt. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kemampuan penurunan konsentrasi surfactant dalam limbah detergen laundry, factor-factor yang ditinjau daya lampu, lama penyinaran, dan berat TiO_2 . Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan penurunan konsentrasi yang terbaik menggunakan TiO_2 sebanyak 2,2 gr dengan hasil 95,6 % pada waktu 2,5 jam dan daya lampu 36 watt.

Kata kunci : Fotokimia, fotokatalitik, surfactant

Abstract

Photokimia have used as by many alternative processing of water. Photokimia reaction is reaction of chemistry which is induction by light either through indirect and also direct. Conversion of Energy light become chemical energy or electrics represent elementary principle of photokimia. To quicken reaction of conversion needed by the existence of catalis referred as catalis system. Catalis will be active if obtaining light energy. In course of fotokimia will be formed by radical hydroxyl to degrade compound of organic underwater of waste like surfactant. The research degradation of concentration surfactant used Titanium Dioxide catalis with light source the used is lamp of UV which variation of 15 watt, 30 watt and 36 watt. The objective of research to determine ability degradation of concentration of surfactant in waste of detergent. Result of research indicate that ability of degradation of be concentration use TiO_2 counted 2,2 gr with result 96,5 %, time of radiating 2,5 hour and lamp energy 36 watt.

Key words : Photokimia, Photokatalitik, Surfactan

Pendahuluan

Dengan semakin meningkatnya pemakaian bahan kandungan detergen oleh masyarakat atau industry, maka makin meningkat pula potensi pencemaran yang diakibatkan oleh buangan yang mengandung detergen tersebut. Keberadaan detergen dalam air semakin meningkat sehingga menjadi lebih tinggi dari ambang batas yang telah ditentukan akan mengakibatkan menurunnya kualitas air, yang pada akhirnya akan berakibat pada kualitas kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan No. PERMENKES R.I. 416/MENKES/PER/IX/1990 bahwa kandungan detergen dalam air bersih tidak boleh lebih dari 0,5 mg/l.

Bahan – bahan pencemar badan air sangat banyak jumlahnya antara lain, detergen dalam hal ini Alkyl Benzene Sulphonat yaitu salah satu surfactan yang banyak dipakai dalam bentuk bahan detergen. Senyawa ABS (Alkyl Benzene Sulphonat) merupakan senyawa organik dengan rantai hidrokarbon yang panjang dan bercabang dengan cincin benzene pada ujungnya, yang dapat

menyebabkan kesulitan bagi mikroorganisme untuk menguraikan unsur tersebut.

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sinar matahari bermanfaat untuk mereduksi merkuri (Afandi) dan penelitian penggunaan metode reduksi fotokatalitik system heterogen pada ion – ion logam dalam limbah industry (Ria Mardiani) serta kombinasi sinar UV dan TiO_2 dapat menyisikan gas NO_x (Rachmad, 2002). Dalam kesempatan ini penulis mencoba melakukan penelitian untuk menurunkan konsentrasi surfactan dengan proses fotokatalitik UV. Penelitian ini menggunakan limbah detergen yang mengandung surfactan anionic dan dilakukan dengan system batch pada skala laboratorium dengan memvariasi daya lampu UV, lamanya waktu penyinaran lampu UV dan dosis TiO_2 . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kemampuan penurunan konsentrasi surfactan pada limbah detergen berdasarkan factor – factor yang ditinjau yaitu daya lampu, lama penyinaran dan berat TiO_2 .

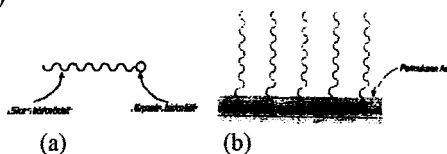
TINJAUAN PUSTAKA

Detergen adalah salah satu produk komersial yang digunakan untuk menghilangkan kotoran pada pencucian pakaian. Dalam detergen mengandung bahan yang mempunyai sifat aktif permukaan (surfaktan). Surfaktan ini digunakan untuk proses pembasahan dan pengikat kotoran, sehingga sifat dari detergen dapat berbeda tergantung jenis surfaktannya (Kirk and Othmer, 1982). Detergen yang dijual bebas di pasaran biasanya mengandung 20 – 40 % surfaktan, sedangkan sisanya adalah bahan kimia yang biasanya disebut dengan additives atau detergen builders yang berfungsi untuk meningkatkan daya bersih detergen.

Bahan surfaktan yang biasa digunakan adalah alkyl benzene (ABS). Senyawa ini termasuk dalam senyawa non biodegradable yaitu tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme, dan juga banyak menimbulkan busa baik pada sungai ataupun air tanah sehingga senyawa tersebut diganti dengan linear alkyl sulphonat (LAS) yang lebih mudah didegradasi. Penggunaan LAS di Negara – Negara berkembang seperti Indonesia masih terbatas dikarenakan harga LAS yang mahal.

Adapun efek yang dapat ditimbulkan oleh adanya detergen dalam air antara lain :Terbentuknya film akan menyebabkan menurunnya tingkat transfer ke dalam air, pada konsentrasi yang melebihi ambang batas yang ditentukan, dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang cukup serius, kombinasi antara polyphospat dengan surfaktan dalam detergen dapat mempertinggi kandungan fosfat dalam air. Hal ini akan menyebabkan terjadinya eutrofikasi yang dapat menimbulkan warna pada air.

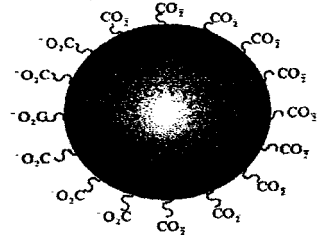
Surface Active Agent (surfaktan) adalah unsur detergen yang digunakan untuk proses pembasahan dan pengikatan kotoran (Kirk dan Othmer, 1982). Surfaktan menurunkan tegangan permukaan, karena adanya proses pematangan ikatan hydrogen pada lapisan permukaan. Hal ini terjadi sebagai akibat adanya perbedaan sifat antara gugus molekul penyusun surfaktan yaitu gugus hidrofobik dan gugus hidrofilik (Fessenden & Fessenden, 1990)



Gambar 1. Simbol umum surfaktan (a), posisi surfaktan pada permukaan air (b)

Bila surfaktan berada dalam air, maka sifat dan struktur molekul surfaktan dapat dibedakan menjadi dua macam gugus yaitu gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik. Gugus hidrofobik adalah suatu hidrokarbon yang berisi 8 sampai 18 atom karbon di dalam suatu rantai yang sedikit bercabang atau lurus. Sedangkan gugus hidrofilik merupakan gugus yang berfungsi sebagai bahan pembasah. Bila surfaktan

yang telah mengikat zat pengotor (dirt) terkumpul, maka bagian yang bersifat non polar akan mengikat kotoran tersebut dan akan membentuk kelompok (50 – 150 molekul) yang disebut micelle. Micelle ini terbentuk sebagai akibat dari peningkatan antara gugus hidrofobiknya berada pada bagian luar atau permukaan micell (Fessenden & Fessenden)



Gambar 2. Bentuk Micell dari Surfaktan

Titanium Diodida (TiO₂) mempunyai 3 macam bentuk Kristal yaitu rutile, anatase dan brokit. Semikonduktor adalah material yang memiliki konduktivitas listrik antara logam dan isolator yang baik (Sears & Zemasky, 1991). Semikonduktor dan isolator terutama terdiri dari ikatan kovalen dari electron valensi. Ikatan kovalen ini dilaksanakan dengan beberapa inti yang berdekatan saling memiliki electron bersama

Matahari mengemisikan spectrum elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang bervariasi. Spektrum elektromagnetik tersebut dapat dibedakan menjadi 2 jenis utama, yaitu : radiasi ionisasi (sinar X dan sinar Y) dan radiasi non ionisasi (ultraviolet, cahaya tampak, infra merah, gelombang mikro dan gelombang radio). Spectrum elektromagnetik yang tidak berbahaya (sinar X dan Y) tidak mencapai permukaan bumi karena tertahan lapisan Ozon, sedangkan jenis spectrum yang lain dapat mencapai permukaan bumi (Light Measurement Handbook, Ryer). Sumber sinar ultraviolet dapat diperoleh dari lampu khusus yaitu lampu dengan uap merkuri. Lampu merkuri bertekanan rendah menghasilkan energy maksimum pada panjang gelombang 254 nm, sedangkan lampu merkuri yang bertekanan sedang menghasilkan energy maksimum pada panjang gelombang 180 – 1370 nm.

Reaksi fotokimia memperoleh energy pengaktifan melalui penyerapan foto cahaya oleh molekul – molekul reaksi fotokimia. Pada penelitian ini dipakai reactor batch, tipikal dari reactor batch biasanya adalah suatu wadah dengan luasan tertentu (umumnya dibuat dari bahan kaca) yang. Secara umum radiasi diukur pada periode waktu dan laju aliran tertentu. Laju aliran energy adalah power atau daya radiasi yang disebut Radiant Flux. Dalam radiometri sendiri, bila daya dipancarkan mengenai suatu landasan area tertentu, maka daya tersebut memiliki kepadatan daya persatuan luas yang disebut Flux Density dan dalam pengukuran pada detector kerapatan ini disebut irradiance atau radiasi pancaran (radio emittance). Besarnya Flux Density akan turun

dengan bertambahnya jarak dari sumber radiasi, yang ditentukan dengan persamaan:

$$He = \frac{\phi_e}{4.\pi.R^2} \quad (1)$$

Dengan: He = Radiometri flux density (w/cm²)

ϕ = daya radiasi (watt)

R = jarak dari sumber radiasi (cm)

Intensitas berpengaruh pada radiasi yang dipancarkan. Dalam hal ini intensitas radiasi adalah besarnya kecepatan flux (Flux Density) persatuan solid angle. Solid Angle (w) merupakan prosentase atau rasio permukaan area batas dalam luasan tertentu dengan luas imajiner, yang diukur dalam steradian (sr). Secara umum persamaan untuk intensitas adalah:

$$Ie = \frac{\phi_{ei}}{w} \quad (2)$$

Dengan: Ie = Intensitas radiasi (watt/steradian, w/sr)

Φ_{ei} = Daya yang dipancarkan (watt)

w = Solid angle (sr)

$$w = \frac{A}{R^2} \quad (3)$$

A = Luas Section (cm²), R = Jari - jari sphere (cm)

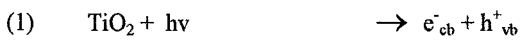
Dari dua persamaan di atas dapat dicari hubungan irradiance dengan intensitas radiasi, yaitu:

$$He = \frac{Ie}{R^2} \quad (4)$$

He = Radiasi flux density (w/cm²), Ie = Intensitas radiasi (watt/steradian, w/sr)

R = Jari - jari sphere (cm)(Light Measurement Handbook, Ryer).

Persamaan reaksi yang memberikan ilustrasi skema reaksi yang dimulai dari interaksi TiO₂ dengan sinar UV adalah sebagai berikut:



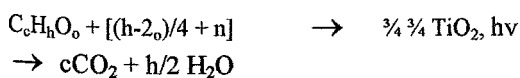
Keterangan:

hv : sinar ultra violet dengan panjang gelombang, 400 nm

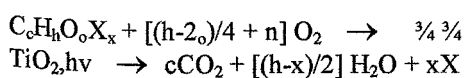
h^+_{vb} : lubang positif pada pita valensi

e^-_{cb} : electron pada pita konduksi

Secara umum persamaan reaksinya dapat ditulis:



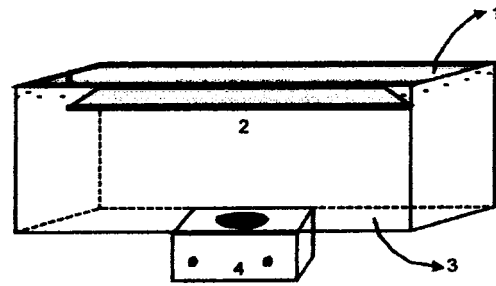
Untuk haloorganik :



METODE PENELITIAN

Bahan Yang Digunakan TiO₂, Limbah detergen dari layanan pencucian (laundry).

Alat yang digunakan dirangkai seperti gambar 1.



Gambar 3. Rangkaian Alat

Keterangan:

1).Penutup: menggunakan lembaran aluminium disekelilingnya, 2).Lampu UV low pressure, 3). Reactor batch yang terbuat dari kaca (125 cm x 15 cm x 15 cm) yang dilengkapi dengan, 4).Stirrer magnetic

Alat terdiri atas Reactor batch yang terbuat dari kaca (125 cm x 15 cm x 15 cm) yang dilengkapi dengan lembaran aluminium disekelilingnyaertutup dari bahan kaca,Lampu UV low pressure,Stirrer magnetic

Variabel Penelitian:
Kondisi yang ditetapkan :Volume limbah : 5 liter
Jarak lampu dari limbah : 10 cm, Ukuran reactor : 125 cm x 15 cm x 15 cm,. Kecepatan pengadukan : 200 rpm.

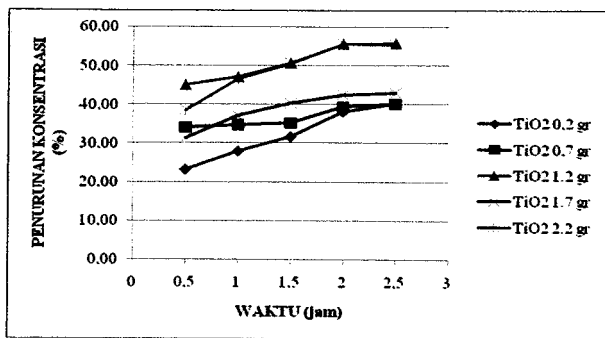
Sebagai peubah yaitu : Daya lampu UV: 15 watt, 30 watt, 36 watt, Lama penyinaran : 0,5 jam; 1 jam; 1,5 jam; 2 jam; 2,5 jam,Berat TiO₂ : 0,2 gram; 0,7 gram; 1,2 gram; 1,7 gram; 2,2 gram

PROSEDUR PENELITIAN

Limbah 5 liter dimasukkan kedalam reaktor dan ditambahkan TiO₂ sebagai katalis dengan berat yang divariasi, kemudian disinari dengan dengan lampu UV sesuai variasi yang dilakukan selama 2,5 jam,lalu dengan menggunakan stirrer magnetic pada kecepatan 200 rpm,sample diambil tiap 30 menit untuk dilakukan analisa konsentrasi surfaktan dengan metode *Methylen Blue Active Substance* (MBAS)

HASIL DAN PEMBAHASAN

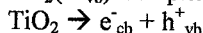
Hasil penelitian yang diperoleh pada penelitian ini penurunan kosentrasi surfaktan tertinggi pada penyinaran selama 2,5 jam dan penambahan TiO₂ sebesar 2,2 gram dengan daya lampu 36 watt



Gambar 4. Hubungan Waktu Penyinaran dan Berat TiO₂ Terhadap % Penurunan Konsentrasi Surfaktan Pada Daya Lampu 15 watt

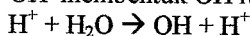
Dari Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka prosentase penurunan konsentrasi surfaktan semakin besar. Hal ini dikarenakan dengan semakin lamanya waktu penyinaran mengakibatkan katalis TiO₂ memperoleh energy foton yang tetap berlanjut dari cahaya dalam hal ini yaitu sinar dari lampu UV.

Menurut D.F. Ollis, 1993 penyinaran TiO₂ menghasilkan electron berlebih pada pita konduksi (e_{cb}) dan hole positif (h⁺_{vb}) dari pita valensi TiO₂(h⁺_{vb}) dari pita valensi.

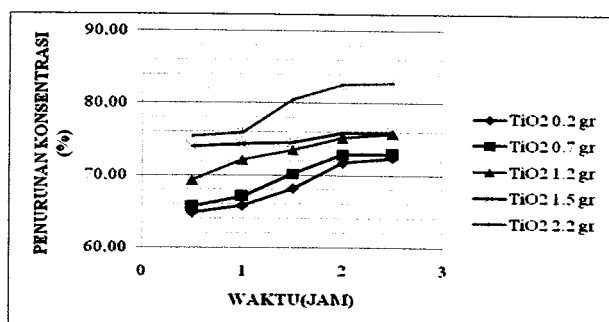


Di permukaan hole bereaksi dengan lingkaran fisika H₂O atau lingkaran kimia

OH[•] membentuk OH radikal (OH).

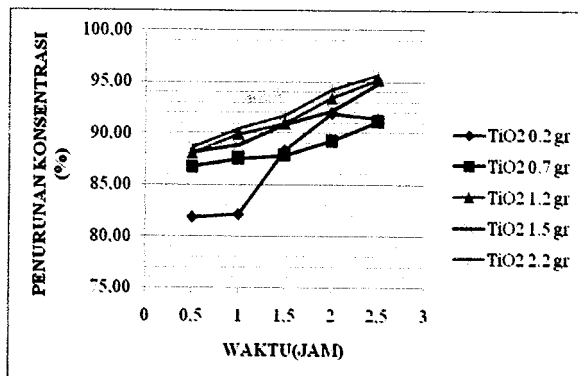


Dari Gambar 4 juga ditunjukkan bahwa semakin banyak berat TiO₂ yang ditambahkan maka prosentase penurunan konsentrasi surfaktan semakin tinggi, hal ini dikarenakan jumlah katalis TiO₂ sebanding dengan luasan efektif perpindahan fotoelektron. Namun pada saat berat katalis yang ditambahkan sebesar 1,2 gram dan 2,2 gram tidak berbeda jauh dan bahkan pada penambahan TiO₂ 1,2 gram mencapai hasil prosentase penurunan yang terbaik. Hal ini dikarenakan berat katalis TiO₂ yang besar dalam suspensi di reactor menyebabkan terhalangnya sinar yang masuk, sehingga penyerapan sinar matahari oleh permukaan katalis menjadi tidak sempurna. (Ria Mardiani, 1999)



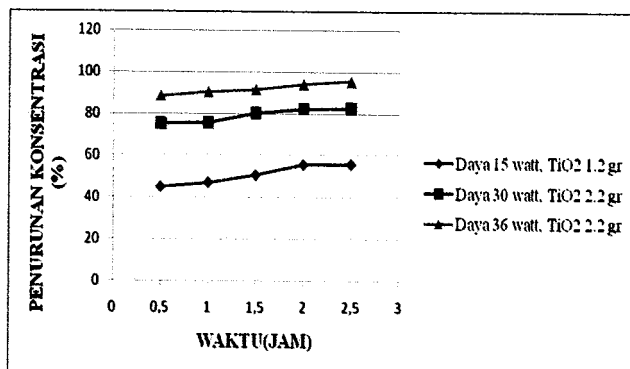
Gambar 5. Hubungan waktu penyinaran dan berat TiO₂ terhadap % penurunan konsentrasi surfaktan pada daya lampu 30 watt.

Dari Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka prosentase penurunan konsentrasi surfaktan semakin besar. Namun pada saat berat katalis yang ditambahkan sebesar 1,7 gram dan selama penyinaran 2 jam prosentase penurunan surfaktan menurun, hal ini dikarenakan adanya zat organik dalam bentuk persenyawaan sulfat, sulfonat, karboksilat, fosfat, fenol, dan zat inorganik seperti sianat, klorida, nitrat dan tiosianat yang membentuk ikatan kompleks dengan methylene blue sehingga semakin lama semakin mengganggu (Anonim, 1981).



Gambar 6. Hubungan waktu penyinaran dan berat TiO₂ terhadap % penurunan konsentrasi surfaktan pada daya lampu 36 watt

Dari Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka prosentase penurunan konsentrasi surfaktan semakin besar. Begitu juga dengan penambahan TiO₂ prosentase penurunan konsentrasi surfaktan semakin tinggi, Namun pada saat penambahan TiO₂ sebesar 0,2 gram persen penurunan surfaktan pada grafik mengalami anomaly dan tidak labil, hal ini dikarenakan adanya zat organik dalam bentuk persenyawaan sulfat, sulfonat, karboksilat, fosfat, fenol, dan zat inorganik seperti sianat, klorida, nitrat dan tiosianat yang membentuk ikatan kompleks dengan methylene blue sehingga semakin lama semakin mengganggu (Anonim, 1981).



Gambar 7. Hubungan waktu penyinaran dan daya lampu terhadap penurunan konsentrasi surfaktan

Dari Gambar 7 yang merupakan gabungan dari Gambar yang dicapai pada kondisi terbaik terlihat semakin besar daya lampu UV yang digunakan akan semakin besar daya lampu UV yang digunakan akan semakin besar pula persentase penurunan konsentrasi surfaktan yang didapatkan. Sehingga terlihat daya lampu sangat berpengaruh terhadap persentase penurunan konsentrasi surfaktan. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya energy foton yang diterima oleh surfaktan. Energy foton yang diterima oleh surfaktan, akan memutuskan rantai ikatan dan senyawa surfaktan

Dari Gambar juga terlihat bahwa persentase penurunan konsentrasi surfaktan terbesar adalah 95,61 % yaitu pada daya lampu 36 watt, waktu 2,5 jam dan berat TiO₂ 2,2 gram. Ini menunjukkan bahwa daya lampu UV, waktu penyinarana dan berat TiO₂ sangat berpengaruh dalam percobaan ini.

Hasil Perhitungan

Tabel 1. Hasil Perhitungan Flux Density

Daya lampu (watt)	Flux Density, He (watt/cm ²)
15	0,012
30	0,023
36	0,028

Dari Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa semakin besar daya lampu maka semakin besar pula intensitasnya. Energy foton yang dihasilkan dari ketiga hasil tersebut, berdasarkan pendekatan matematis adalah berkisar antara $7,091 \times 10^{-22}$ joule samapi dengan $1,98 \times 10^{-21}$ joule. Energy foton ini berbanding terbalik dengan panjang gelombang suatu cahaya, dimana semakin pendek panjang gelombang suatu cahaya maka akan memiliki energy foton yang besar

KESIMPULAN

Hasil analisa data diperoleh beberapa kesimpulan antara lain: Hasil penurunan konsentrasi surfaktan terbaik sebesar 95,61 % yaitu pada lampu 36 watt, lama penyinaran 2,5 jam dan penambahan TiO₂ sebesar 2,2 gram. Flux density terbesar pada daya lampu 36 watt yaitu sebesar 0,028 w/cm² dan energy foton yang dihasilkan dari radiasi UV C berkisar antara $7,091 \times 10^{-22}$ joule sampai dengan $1,981 \times 10^{-21}$ joule.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, E, 1983, *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater*, American Publik Health Association, Washington DC
- Boedisantoso, Rahmad, 2002, Proses Fotokatalitik dengan Katalis TiO₂ menggunakan Reaktor Multiplate untuk memisahkan Gas NO_x, Teknik Lingkungan, FTSP – ITS
- Cullum, D.C, 1994, *Introduction to Surfactant Analysis*, Chapman & Hall, New Zealand
- Gunlazuardi, Jurnuzi, 2002, Revolusi Swabersih Berkat Cahaya, www.chem.ui.ac.id
- Kirk, R.E and D.F Othmer, 1982, *Encyclopedia of Chemical techologi*, The Interscience and encyclopedia Inc, New York.
- Mardiani, Ria, 1999, Penggunaan Metode Reduksi Foto Katalitik Sistem Heterogen Pada Ion – Ion Logam dalam Limbah industry, Teknik Kimia, FTI – ITS.
- Ollis, D.F, 1993, *Fotokatalitik Purification and Treatment of Water and Air*, Departemen of Chemical Engineering North Caroline State University, USA
- Rio, Reka and Lido, Masa Mori, 1982, “Fisika dan Teknologi Semikonduktor”. Pradnyaparamitha.
- Robert A, 1984, “Kimia Fisika, Jilid 2”, Erlangga
- Ryer, 1997, *Light Measurement Handbook*, [HTTP://www.intl-light.com/handbook/choi.html](http://www.intl-light.com/handbook/choi.html).