

Pengaruh Waktu Kontak Tanah *Diatomeae* Terhadap Peningkatan Hasil Reduksi Cr(VI) oleh Fotokatalisis TiO₂

The Effect of Contact Time *Diatomeae* to Improve the yield of Cr(VI) Reduction by Photocatalysis TiO₂

Darminto¹⁾ Gusti Ketut Suryaning²⁾
Dosen dan Alumni Jurusan Kimia FMIPA UNM

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui massa optimum dan pengaruh waktu kontak tanah *diatomeae* terhadap peningkatan hasil reduksi Cr(VI) oleh fotokatalis TiO₂. Tanah *diatomeae* diambil dari Laboratorium Tanah Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang dikontakkan dengan larutan yang mengandung Cr(VI) 80 ppm dan katalis TiO₂. Berat katalis yang digunakan adalah 0,25 gram. Variasi massa tanah *diatomeae* yang digunakan adalah 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 mg dan variasi waktu kontak yang digunakan adalah 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11 dan 12 jam. Analisis sampel dilakukan masing-masing tiga kali dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 543,5 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa optimum tanah *diatomeae* yang dapat meningkatkan hasil reduksi Cr(VI) adalah 40 mg dengan konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi sebesar 21,4612 ppm dari konsentrasi awal Cr(VI) 80 ppm. Berdasarkan hasil uji F dan uji bnt, waktu kontak optimum tanah *diatomeae* terhadap peningkatan hasil reduksi Cr(VI) adalah 10 jam

Kata Kunci: *Diatomeae*, Reduksi Cr(VI), Fotokatalisis

ABSTRACT

This research was conducted to know the optimum mass and the effect of contact time the *diatomeae* to improve of Cr(VI) reduction by Photocatalysis TiO₂. The *Diatomeae* was taken from Technique Faculty Laboratory of Gadjah Mada University Yogyakarta. *Diatomeae* was contacted with the solution contain Cr(VI) 80 ppm and TiO₂ Catalysis 0,25 gram. The variation of *diatomeae* mass where used, namely 10, 20, 30, 40, 50 and 60 mg and, the variation of contact time are 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11 and 12 hour. The sample was analyzed by spectrophotometer UV-VIS with 543.5 nm wavelength. The result of the research is indicated that the optimum mass *diatomeae* which can improve of Cr(VI) reduction is 40 mg with the concentration of Cr(VI) reduced equal to 21,4612 ppm from 80 ppm. Based of F test and the end bnt test, the optimum contact time of *diatomeae* to improve of result reduced the Cr(VI) are 10 hours.

Keyword: *Diatomeae*, Reduction of the Cr(VI), photocatalysis.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri yang pesat mengakibatkan meningkatnya kadar bahan pencemar dalam perairan dan mengganggu ekosistem perairan. Salah satu contoh limbah logam yang berbahaya adalah krom. Logam ini

tergolong dalam limbah B3 (bahan berbahaya beracun) yang pada kadar tertentu dapat membahayakan lingkungan karena bersifat toksik bagi hewan dan manusia. Limbah krom terutama dihasilkan oleh industri pelapisan logam (*elektroplating*), industri penyamakan

kulit (*leatheir tanig*), industri pencelupan dan pewarnaan (*dyes and pigment*) dan industri pengawetan kayu (*wood preserving*) (Agung, 2004).

Umumnya krom berada di alam dengan bilangan oksidasi 3 dan bilangan oksidasi 6. Cr(VI) bersifat toksik bila dibandingkan dengan Cr(III). Toksisitas Cr(VI) diakibatkan karena sifatnya yang berdaya larut dan mobilitas tinggi di lingkungan. Apabila masuk ke dalam sel dapat menyebabkan kerusakan DNA sehingga terjadi mutasi selain itu Cr(VI) mampu menembus membran sel darah dengan cepat dan berikatan dengan fraksi globin dari hemoglobin (Endang Tri Wahyuni, dkk. 2004). Tingkat toksisitas Cr(III) hanya sekitar 1/100 kali dari Cr(VI). Cr(III) bersifat daya larut rendah dan penting bagi metabolisme sebagai kofaktor enzim insulin selain itu Cr(III) merupakan salah satu jenis nutrisi mikro yang dibutuhkan tubuh manusia dengan kadar sekitar 50-200 µg/hari (Slamet, dkk, 2003).

Sifat Cr(VI) sangat toksik, maka Cr (VI) dapat diturunkan tingkat toksisitasnya dengan cara mereduksi Cr(VI) menjadi Cr(III). Reduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) dapat dilakukan dengan proses fotokatalitik. Teknologi fotokatalisis merupakan kombinasi dari proses fotokimia dan katalis. Salah satu bahan Semikonduktor yang dapat berperan sebagai fotokatalis adalah serbuk TiO₂, dimana serbuk TiO₂ ini dikarakterisasi oleh pita valensi yang terisi elektron dan pita konduksi yang kosong. Apabila semikonduktor ini dikenai cahaya yang sesuai maka sebuah elektron akan dipromosikan dari pita valensi ke pita konduksi, reaksi reduksi dapat terjadi apabila elektron bertemu dengan sebuah akseptor elektron atau donor proton. Reaksi reduksi fotokatalitik dipengaruhi oleh beberapa hal

diantaranya adalah bahan semikonduktor yang digunakan, waktu penyinaran, konsentrasi awal Cr(VI) dan juga dipengaruhi oleh pH larutan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Slamet, dkk (2003) penambahan adsorben dapat meningkatkan konversi reduksi fotokatalitik Cr(VI). Peningkatan konversi reduksi ini dapat terjadi karena adanya efek sinergi dari perpaduan fotokatalis dengan adsorben. Efek sinergi ini terjadi karena adsorben dapat mengadsorpsi molekul-molekul kation diikuti dengan adanya perpindahan massa kation dari adsorben ke permukaan katalis. Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Endang Tri Wahyuni (2004).

Tanah diatomeae memiliki pori-pori yang luas dan gugus siloksan (Si – O – Si) yang merupakan sumber muatan negatif permukaan yang memungkinkan terjadinya adsorpsi pertukaran kation. Menurut Rahmah (2007), tanah diatomeae dapat mengadsorpsi Cr(VI) dengan Kapasitas adsorpsi tanah *diatomeae* terhadap ion Cr (VI) adalah sebesar 6,452 g/L, sehingga kemungkinan tanah diatomeae juga dapat menghasilkan efek sinergi dengan perpaduan fotokatalis. Salah satu jenis tanah diatomeae yang dapat digunakan dalam mengadsorpsi adalah tanah diatomeae air asin karena mempunyai kandungan kristalin silika yang tinggi. Uraian di atas mendasari penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan hasil reduksi Cr(VI) secara fotokatalitik TiO₂ dengan penambahan tanah *diatomeae*.

METODE PENELITIAN

A. Objek Penelitian

Objek penelitian adalah tanah *diatomeae* yang diambil dari Laboratorium Tanah Fakultas Teknik

Kimia Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan; neraca analitik, tanur listrik, shaker, alat-alat gelas, botol semprot, karet penghisap, labu takar, magneik stirer, pengaduk, lampu UV, spektrofotometer UV-Vis, pengayak dan reaktor fotokatalitik.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : serbuk TiO₂, kalium bikromat (K₂Cr₂O₇), tanah *diatomeae*, asam sulfat (H₂SO₄) pekat, H₃PO₄ 85%, difenil karbazid, kertas saring wathman, indikator universal dan aquades.

C. Prosedur Kerja

1). Preparasi Tanah Diatomeae

Tanah diatomeae digerus dan diayak 500 gram tanah ukuran -60+100 mesh kemudian dipanaskan pada 350°C selama 3 jam.

2). Penentuan Massa Tanah Optimum

Disiapkan masing-masing 50 ml larutan Cr(VI) 80 ppm dalam gelas kimia 250 ml, ditambahkan asam sulfat hingga pH menjadi 2, ke dalam masing-masing larutan ditambahkan dengan 0,2500 gram serbuk TiO₂ dan tanah *diatomeae*, kemudian disinari dengan lampu UV 10 watt selama 4 jam yang disertai dengan pengadukan. Variasi massa tanah *diatomeae* yang digunakan adalah 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 mg. Masing-masing larutan disaring, filtrat dipipet 1 ml kemudian diencerkan dengan aquades sampai 100 mL. Larutan hasil pengenceran kemudian ditambah dengan 1 ml asam sulfat (1 + 1), 0,3 ml H₃PO₄ 85%, dan 2 ml larutan difenil karbazid, dalam labu Erlenmeyer, kocok sampai bercampur rata, diamkan selama 5 menit, diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 543,5 nm.

3) Penentuan Waktu Kontak optimum

Disiapkan masing-masing 50 ml larutan Cr(VI) 80 ppm dalam gelas kimia 250 ml, ditambahkan asam sulfat hingga pH menjadi 2, kedalam masing-masing larutan ditambahkan dengan 0,2500 gram serbuk TiO₂, kemudian disinari dengan lampu UV 10 watt yang disertai dengan pengadukan. Variasi waktu penyinaran 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11 dan 12 jam. Masing-masing larutan disaring, filtrat dipipet 1 ml filtrat dan diencerkan dengan aquades 100 mL, larutan hasil pengenceran kemudian ditambah dengan 1 ml asam sulfat (1 + 1), 0,3 ml H₃PO₄ 85%, dan 2 ml larutan difenil karbazid, dalam labu Erlenmeyer kemudian kocok sampai bercampur rata, didiamkan selama 5 menit, diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada 543.5 nm. sebagai kontrol.

Perlakuan yang sama dengan kontrol terhadap eksperimen kecuali ditambahkan dengan tanah *diatomeae* optimum, yang diperoleh pada percobaan sebelumnya.

D. Teknik Analisis Data

Dari hasil analisa sampel, dibuat grafik hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi Cr(VI) (ppm), sehingga diperoleh kurva kalibrasi dengan persamaan garis lurus: $y = ax + b$
Dimana :

$$y = \text{Absorbansi Cr(VI)}$$

$$x = \text{Konsentrasi Cr(VI)}$$

$$a = \text{Slope (kemiringan)}$$

$$b = \text{Intersep (perpotongan)}$$

Dari persamaan di atas maka konsentrasi

$$\text{Cr(VI) dapat dihitung: } x = \frac{y - b}{a}$$

Untuk larutan Cr(VI) yang diencerkan, konsentrasi Cr(VI)-nya dapat dihitung:

$$x = \frac{y - b}{a} \quad x_{fp,fp} = \text{faktor pengenceran}$$

% Hasil reduksi TiO₂ (kontrol) =

$$\frac{[Cr(VI)]_o - [Cr(VI)]_{tc}}{[Cr(VI)]_p} \times 100$$

% Hasil reduksi TiO₂ + tanah diatomeae

$$= \frac{[Cr(VI)]_o - [Cr(VI)]_t}{[Cr(VI)]_o} \times 100$$

% peningkatan hasil reduksi = (%Hasil reduksi TiO₂ + tanah diatomeae) - (%Hasil reduksi TiO₂ (kontrol))

Dimana:

$[Cr(VI)]_o$ = Konsentrasi Cr(VI) mula-mula

$[Cr(VI)]_t$ = Konsentrasi Cr(VI) sisa setelah penyinaran oleh TiO₂ + tanah diatomeae

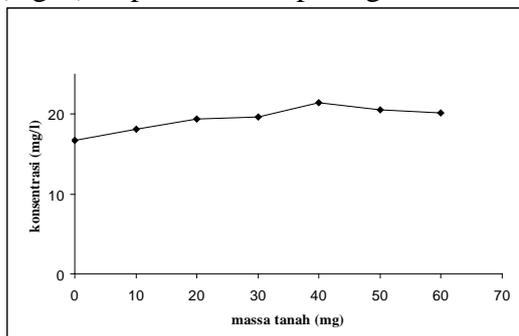
$[Cr(VI)]_{tc}$ = Konsentrasi Cr(VI) sisa setelah penyinaran oleh TiO₂

Ada tidaknya pengaruh waktu kontak tanah *diatomeae* terhadap peningkatan hasil reduksi fotokatalitik Cr(VI) dianalisis variasi (ANOVA) satu jalur dengan uji F pada signifikan $\alpha = 0,05$.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Massa Optimum Tanah Diatomeae Untuk Meningkatkan Hasil Reduksi Fotokatalitik Cr(VI)

Hasil reduksi Cr(VI) oleh fotokatalis TiO₂ dengan konsentrasi awal Cr(VI) 80 (mg/L). seperti terlihat pada gambar 1



Gambar 1. Hubungan antara Cr(VI) yang tereduksi terhadap massa tanah diatomeae.

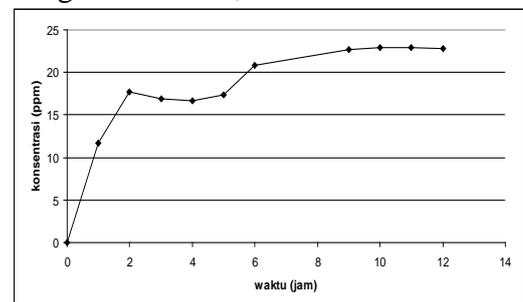
Grafik di atas menunjukkan konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi paling banyak dihasilkan oleh massa tanah diatomeae 40 mg dengan konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi sebesar 21,4612 (mg/L) dan konsentrasi Cr(VI) sisa sebesar 59,5142 (mg/L). Massa tanah 40

mg merupakan massa tanah optimum untuk meningkatkan hasil reduksi Cr(VI) oleh fotokatalis TiO₂ dengan konsentrasi awal Cr(VI) 80 (mg/L). Massa tanah diatomeae yang kurang dari 40 mg hanya menghasilkan reduksi Cr(VI) kurang dari 20 (mg/L), sedangkan dengan massa tanah yang lebih dari 40 mg juga hanya menghasilkan reduksi Cr(VI) kurang dari 21 (mg/L), hal ini terjadi karena massa tanah yang terlalu banyak mengakibatkan suspensi larutan menjadi keruh. Menurut Tjahjanto dan Gunluardi (2001), suspensi larutan yang terlalu keruh akan menghalangi sinar ultra violet dalam mengaktifkan seluruh permukaan fotokatalis.

2. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Reduksi Fotokatalitik

Reduksi fotokatalitik menggunakan (TiO₂) dikontakan larutan Cr(VI) dengan variasi waktu penyinaran 1, 2 jam, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11 dan 12 jam digunakan sebagai kontrol. Hasil yang diperoleh adalah pada waktu 10 jam terjadi proses reduksi paling banyak yaitu 22,8731 ppm.

Secara lebih jelas dapat dilihat dari grafik berikut;



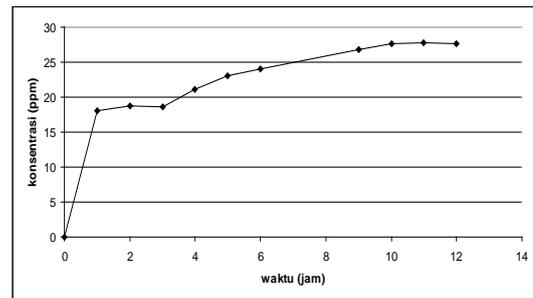
Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi dengan waktu kontak disajikan pada gambar

Dari grafik menunjukkan bahwa konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi meningkat dengan semakin meningkatnya waktu kontak hingga mencapai maksimum pada waktu maksimum yaitu 9 jam. Hal ini disebabkan karena Pada awal reaksi,

kontak antara larutan Cr(VI) dengan permukaan fotokatalis dapat berlangsung lebih efektif. Semakin lama waktu penyinaran, semakin banyak produk Cr(III) yang dihasilkan sehingga mengurangi efektivitas fotokatalisis (Endang Triwahyuni, 2004).

Proses reduksi Cr(VI) oleh fotokatalis TiO₂ dapat terjadi karena TiO₂ mempunyai struktur semikonduktor yang dikarakterisasi oleh pita valensi terisi elektron dan pita konduksi yang kosong yang terpisah dengan jarak sebesar E_g , yang disebut dengan energi *band gap*, dengan adanya penyinaran oleh lampu UV maka sebuah elektron e^- , dipromosikan dari pita valensi ke pita konduksi meninggalkan sebuah lubang atau *hole* pada pita valensi, h_{vb}^+ . Elektron yang terbentuk pada permukaan fotokatalis tersebut dapat bereaksi dengan suatu akseptor elektron atau oksidator sehingga terjadi reaksi reduksi (Hoffman, Dkk, 1995). Cr(VI) mempunyai jari-jari ionik pendek dan rapat muatan tinggi sehingga mempunyai kecenderungan yang lebih besar sebagai akseptor elektron sehingga dapat terjadi reaksi reduksi oleh elektron yang terbentuk pada permukaan fotokatalis.

Perlakuan menggunakan TiO₂ ditambah tanah *diatomeae* ada peningkatan konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi yang lebih besar daripada perlakuan pada kontrol. Semakin lama waktu kontak semakin banyak Cr(VI) yang tereduksi hingga mencapai optimum pada waktu yang optimum yaitu 10 jam. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.

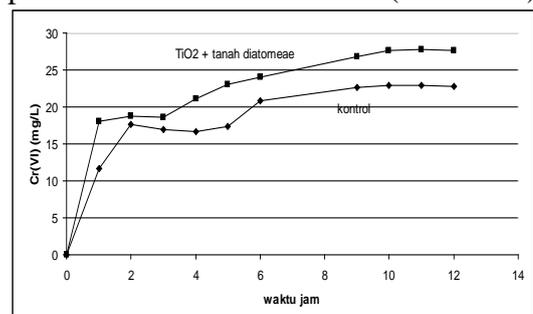


Gambar 10. Grafik hubungan antara konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi oleh TiO₂ + tanah *diatomeae* terhadap waktu kontak.

Dari grafik menunjukkan konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi meningkat dengan meningkatnya waktu kontak hingga mencapai optimum pada waktu 10 jam. Pada waktu 3 jam mengalami penurunan konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi tetapi berdasarkan hasil uji ANAVA pada taraf signifikan ($\alpha = 0,05$) penurunan konsentrasi tersebut berbeda tidak signifikan.

Berdasarkan analisis sidik ragam menunjukkan F_{hitung} 1858,549 dan F_{tabel} 2,39. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh waktu kontak tanah *diatomeae* terhadap hasil reduksi Cr(VI) oleh fotokatalis TiO₂. Yang kemudian dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil dengan hasil untuk setiap perlakuan mengalami beda signifikan dan ada yang beda tidak signifikan.

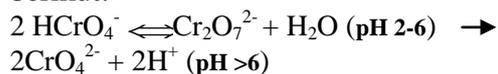
Perbandingan Cr(VI) yang tereduksi antara kontrol dan terhadap penambahan tanah *diatomeae* (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik perbandingan Cr(VI) yang tereduksi terhadap waktu antara kontrol dan dengan penambahan tanah *diatomeae*

Dari grafik terlihat bahwa dengan adanya penambahan tanah diatomeae dapat meningkatkan hasil reduksi Cr(VI), hal ini dapat dilihat dari peningkatan konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi dengan penambahan tanah *diatomeae*. Dari hasil analisis data diperoleh bahwa tanpa tanah diatomeae hasil reduksi Cr(VI) sebesar 28.10%, sedangkan dengan penambahan tanah diatomeae menghasilkan reduksi Cr(VI) sebesar 34.07%, sehingga diperoleh penambahan tanah *diatomeae* dapat meningkatkan hasil reduksi Cr(VI) sebesar 5.97 %. Berdasarkan grafik terlihat bahwa peningkatan konsentrasi Cr(VI) yang paling tinggi terdapat pada waktu 1 jam yaitu sebesar 6,3334 ppm. Peningkatan hasil reduksi ini dapat terjadi karena adanya efek sinergi dari perpaduan katalis dan tanah *diatomeae*. Efek sinergi tersebut dapat terjadi karena tanah diatomeae mempunyai gugus siloksan (Si–O–Si) yang dapat mengadsorpsi molekul-molekul Cr(VI) diikuti dengan adanya perpindahan massa Cr(VI) dari tanah *diatomeae* ke permukaan katalis. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukn oleh Slamet, dkk. 2003.

Pada penelitian ini pH larutan yang digunakan adalah pH 2, hal ini disebabkan karena ion Cr(VI) dapat mengalami perubahan spesies dengan adanya perubahan pH sesuai reaksi berikut:



Dari persamaan reaksi tersebut dapat dikemukakan bahwa pada pH rendah ion Cr(VI) dominan sebagai HCrO₄⁻, sedangkan pada pH netral yang dominan adalah Cr₂O₇²⁻, dan pada pH tinggi didominasi oleh CrO₄²⁻. Kemudahan untuk tereduksi dari ketiga anion tersebut secara berurutan adalah HCrO₄⁻, Cr₂O₇²⁻, CrO₄²⁻ (Endang

Triwahyuni, dkk, 2004). Pada penelitian ini pH larutan setelah penambahan tanah diatomeae dan katalis TiO₂ tidak dilakukan pengukuran pH kembali dan juga tidak menggunakan larutan penyangga hal ini disebabkan karena tanah diatomeae dengan gugus siloksan merupakan senyawa yang bersifat asam sehingga dapat mempertahankan keasaman larutan saat terjadi reaksi. Selain itu titik sero point dari tanah diatomeae adalah pada pH 2.

Metode yang digunakan untuk menganalisis sampel adalah dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dengan pengompleks yang digunakan yaitu difenil karbazid. Difenil karbazid dengan rumus (C₆H₅NH-NH₂)₂CO dapat membentuk kompleks yang berwarna ungu kemerahan bila bereaksi dengan larutan yang mengandung Cr(VI). Warna yang terbentuk sesuai dengan banyaknya Cr(VI) yang terkandung dalam larutan, semakin tinggi konsentrasi Cr(VI) dalam larutan maka warna larutan menjadi semakin kemerahan.

KESIMPULAN

1. Massa optimum tanah *diatomeae* yang meningkatkan hasil reduksi Cr(VI) adalah 40 mg, dengan konsentrasi Cr(VI) yang tereduksi sebesar 21,4612 ppm dari konsentrasi awal Cr(VI) 80 ppm
2. Berdasarkan hasil uji F dan uji bnt memperlihatkan ada pengaruh waktu kontak tanah *diatomeae* terhadap peningkatan hasil reduksi Cr(VI), dengan waktu kontak optimum adalah 10 jam,

DAFTAR PUSTAKA

- Agung. 2004. *Cromium*. (Bapedal.jawa tengah.go.id/v3/artikel/chromium.ph). Diakses tanggal 6 Januari 2008.

- Anonim. 2007. *Diatomaceous earth*. (<http://www.ghorganics.com/DiatomaceousEarth.html>). Diakses tanggal 11 januari 2008.
- Budiasih Sri K. dan Buchari. 2000. *Optimasi Membrane Cair Emulsi Kerosene-TOPO untuk Pemisahan Cr(VI)*. Majalah IPTEK. Vol. 11 No. 4.
- Cotton dan Wilkinson, 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Cornelius, Elsie. 1999. *Kajian Diatom di Perairan Pulau Pangkor*. (<http://www.eap.mcgill.ca/Publications/eap4.htm>). Diakses tanggal 11 januari 2008.
- Diah Mardiana, dkk. 1999. *Kajian Mekanisme dan Kinetika Reaksi Reduksi Limbah Kromium Di Lingkungan Industri Elektroplating*. Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Hayati (Life Science). Vol. 11 No. 2.
- Endang Tri Wahyuni, dkk. 2004. *Kajian Fotoreduksi Ion Cr(VI) Terkatalisis Oksida Zn(II) dalam Pengembangan Zeolit Alam*. Jurnal Kimia Lingkungan.
- Jarnuzi Gunlazuardi. *Fotokatalis pada Permukaan TiO₂ Aspek Fundamental dan Aplikasinya*. ([Http://www.chem.ui.ac.id/new/departement/jarnuzi.htm-7ok](http://www.chem.ui.ac.id/new/departement/jarnuzi.htm-7ok)). Diakses tanggal 20 February 2008.
- Palar, Heryando. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Priatna, Komar dkk. 1994. *Studi Pendahuluan Kemungkinan Pemanfaatan Diatome Asal Solo Sebagai Adsorbat Air Nira*. Jurnal Kimia.
- Rahmah. 2007. *Kapasitas Adsorpsi Tanah Diatomeae (Diatomaceous earth) Terhadap Ion Kromium (VI)*. Skripsi. FMIPA UNM Makassar.
- Racmat Triadi, dan Jarnuzi Gunlazuardi. 2001. *Preparasi Lapis Tipis TiO₂ Sebagai Fotokatalis; Keterkaitan Antara Ketebalan Dan Aktivitas Fotokatalisis*. Makara, sains. Jurnal Kimia.
- Saiful. 2006. *Pengaruh Umur Tanam terhadap Kemampuan Eceng Gondok (eichornia crassipes) Menyerap Ion pb²⁺*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA. Universitas Negeri Makassar.
- Santoso. 2006. *Kromium Bisa Lubangi Hidung*. (<http://www.suaramerdeka.com/harian/0408/06/slo06.htm>). Diakses tanggal 20 januari 2008.
- Slamet, dkk. 2003. *Pengolahan Limbah Logam Berat Cromium (VI) Dengan Fotokatalis TiO₂*. Makara Teknologi.
- Soemantojo, Roekmijati W, dkk 2003. *Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda*. ([Http://www.chemeng.ui.ac.id/wulan/materi/research/presipitasi%20bertahap%20logam%20berat.pdf](http://www.chemeng.ui.ac.id/wulan/materi/research/presipitasi%20bertahap%20logam%20berat.pdf)). Diakses tanggal 10 February 2008.
- SNI 06-1132-1989 Cara Uji Kadar Krom dalam Air
- Sugiyarto, Kristian. 2003. *Kimia Anorganik II*. IMSTEP JICA. Yogyakarta.
- Sukandarrumidi. 1999. *Bahan Galian Industri*. UGM. Yogyakarta
- Sukar, dkk. 1989. *Penurunan Kadar Chrom dalam Air Menggunakan Cara Penukar Ion*. Buletin Penelitian Kesehatan. Vol.16 No. 3. Departemen Kesehatan RI.