

Kapasitas Adsorpsi Tanah Diatomeae (*Diatomaceous earth*) terhadap Ion Kromium (VI)

The adsorption capacity of Diatomeae (*diatomaceous earth*) on Chromium(VI) Ion

¹⁾ **Rahmah**, ²⁾ **Ramlawati** dan ³⁾ **Sumiati Side**

¹⁾ Jurusan FMIPA Prodi Kimia Universitas Palangkaraya

^{2,3)} Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Negeri Makassar
chemist18rahmah@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi tanah diatomeae terhadap ion kromium (VI). objek penelitian adalah tanah diatomeae yang diambil dari laboratorium teknik kimia UGM Yogyakarta. Tanah diatomeae kemudian diaktivasi secara fisika pada suhu 350°C selama 3 jam di dalam tanur. Tanah Diatomeae dianalisis daya serapnya dengan mencari waktu kontak optimum dengan variasi waktu kontak 1, 2, 4, 6 dan 12 jam. Setelah itu, menentukan daya serap tanah diatomeae pada berbagai konsentrasi, yakni 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm dan kapasitas adsorpsinya. Penentuan ion kromium (VI) yang teradsorpsi oleh tanah diatomeae dilakukan dengan metode titrasi iodometri dengan menghitung selisih konsentrasi ion kromium (VI) sebelum dan sesudah adsorpsi. Penentuan kapasitas adsorpsi menggunakan pola isoterm adsorpsi yang sesuai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak yang optimum adalah 2 jam, kapasitas adsorpsinya sebesar 6,452 g/L dan mengikuti pola isoterm adsorpsi Freundlich dengan nilai $R^2 = 0,8550$.

Kata kunci: ion kromium (VI), tanah diatomeae, kapasitas adsorpsi

ABSTRACT

This study aimed to determine the adsorption capacity of diatomae towards chromium VI ion. The object was taken from chemical engineering laboratory UGM Yogyakarta. Diatomaeas was physical activated 350°C for 3 hours in furnace. Absorption potency determined by finding the optimum contact time with a variation of the contact time 1, 2, 4, 6 and 12 hours. Also to determine the absorption of diatomaeas at various concentrations; 10, 20, 30, 40 and 50 ppm and then determine the adsorption capacity. Cumulative chromium (VI) ion adsorbed by diatomaeas performed by iodometric titration method, calculating the difference ion concentration of chromium (VI) before and after adsorption. Determination of adsorption Capacity using appropriate isotherms adsorption pattern and is obtained the optimum contact time was 2 hours, Capacity adsorption 6.452 g/L and follow the Freundlich adsorption isotherm type with R^2 value is 0.8550.

Key words: chromium (VI), diatomeae soil, adsorption capacity

A. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi dan berkembangnya

kegiatan industri, selain membawa dampak positif juga membawa dampak negatif. Tumbuh pesatnya industri juga

berarti meningkatnya limbah yang dikeluarkan dan akan menimbulkan masalah yang kompleks. Limbah berbahaya dan memiliki daya racun yang tinggi umumnya berasal dari buangan industri, terutama industri kimia. Oleh karena itu proses penanganan limbah sangat penting dilakukan. Logam berat tergolong limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya) yang pada kadar tertentu dapat membahayakan lingkungan sekitarnya karena bersifat toksik bagi tumbuhan, hewan dan manusia.

Limbah yang berasal dari industri mengandung bahan pencemar dan sangat berbahaya, khususnya limbah yang mengandung logam-logam berat, seperti krom, timbal, tembaga, air raksa, kadmium, besi dan logam-logam berat lainnya. Salah satu jenis logam berat yaitu kromium merupakan logam yang banyak dipergunakan dalam berbagai industri manufaktur, mulai dari yang sederhana seperti alat-alat rumah tangga hingga industri besar dengan teknologi tinggi seperti satelit. Krom yang digunakan dalam berbagai industri akan memberikan dampak negatif bagi lingkungan yang terkadang tidak disadari oleh manusia yang pada dasarnya mengancam kesehatan.

Keberadaan logam Cr di lingkungan tentunya perlu mendapatkan perhatian lebih, sebab kadar batas maksimal krom yang diperbolehkan untuk Cr hanya 0,05 ppm^[1]. Olehnya itu sangat diharapkan bahwa logam Cr dalam perairan tidak ada, mengingat sangat kecilnya batas konsentrasi yang diperbolehkan dan bahaya yang akan ditimbulkan (toksisitas), maka perlu penanganan terhadap limbah logam berat tersebut sebelum disalurkan pada pembuangan yang akhirnya ke lingkungan.

Penanggulangan masalah pencemaran dalam lingkungan perairan dapat dilakukan dengan beberapa metode. Metode yang sering digunakan diantaranya pengendapan yang dilanjutkan dengan penyaringan, penyerapan dengan menggunakan karbon aktif, zeolit alam, silika gel, alumina dan juga dengan tanah *diatomeae*.

Tanah *diatomeae* merupakan salah satu bahan penyerap yang tersedia di alam. Koloni *diatomeae* akan berkembang baik apabila di tempat itu terdapat batuan piroklastik (mengandung banyak SiO₂). Tanah *diatomeae* dengan rumus kimia (SiO₂. nH₂O) adalah batuan sedimen silika yang terutama terdiri dari sisa kerangka fosil tumbuhan air, ganggang yang bersel tunggal. Komposisi kimia *diatomeae* terdiri dari 86% silika, 5% natrium, 3% magnesium dan 2% besi^[5].

Diatomeae memiliki sifat dasar yakni strukturnya unik, berat jenisnya rendah ($\pm 0,45$), permukannya luas dan berpori-pori, warnanya putih-coklat (tergantung kontaminasinya), kemampuan daya hantar listrik atau panas rendah serta tidak abrasif^[4]. *Diatomeae* ini digunakan sebagai penyerap dalam industri *dry cleaning*, farmasi, minuman (bir, anggur, liquor), air nira, air kolam renang; *filler* dan *extender* untuk cat; pencegah pengerasan/isolasi panas; *carrier* untuk katalisator; bahan pembantu kromatograf; *extender* untuk pemoles, abrasif dan pestisida.

Penelitian yang telah dilakukan menggunakan tanah *diatomeae* ini sudah dilakukan yang menggunakan tanah *diatomeae* asal Solo sebagai adsorbat air nira. Dalam penelitian ini dilakukan penelitian terhadap efektivitas adsorpsi tanah *diatomeae* dalam penyerapan zat warna *malachite green* dan air nira berdasarkan besar butiran dan sesudah

mengalami aktivasi pemanasan dan pengasaman^[5].

Metode adsorpsi dalam mengatasi permasalahan limbah yang terkontaminasi logam berat merupakan cara yang relatif sederhana dan mudah dilakukan. Di samping itu, *diatomeae* memiliki daya serap tinggi, dapat diperbaharui, mudah diperoleh dengan harga yang tidak mahal dan bahan dasar yang merupakan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan masyarakat. Uraian di atas mendasari studi ini dilakukan untuk mencari alternatif teknik pengolahan air untuk menurunkan kadar Cr di dalam air yang lebih mudah dan murah, yakni menggunakan tanah *diatomeae* yang telah diaktivasi dengan pemanasan.

B. METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, shaker, alat-alat gelas, botol semprot, karet penghisap, batang pengaduk dan buret mikro. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah *diatomeae*, larutan stok K_2CrO_4 dalam bentuk ion kromat, kalium iodida, asam sulfat pekat, larutan amylum, asam klorida, larutan natrium tiosulfat dan aquades.

2. Prosedur

Peparasi untuk mendapatkan sampel tanah *diatomeae* dilakukan dengan cara: memanaskan dalam tanur pada suhu $350^{\circ}C$ selama 3 jam sebagai aktivasi fisik. Selanjutnya masing-masing 1,0 gram tanah *diatomeae* ke dalam 60 ml larutan ion Cr (VI) 50 ppm, dihomogenkan dengan shaker dengan variasi waktu kontak 1, 2, 4, 6 dan 12 jam kemudian disaring untuk mendapatkan supernatan Cr (VI).

a. Penentuan Kapasitas adsorpsi tanah *diatomeae* terhadap ion Cr (VI).

Untuk penentuan kapasitas adsorpsi tanah *diatomeae* yang sudah diaktivasi, diambil masing-masing 1,0 gram dan dimasukkan ke dalam labu yang berisi 60 ml larutan ion Cr (VI) dengan konsentrasi masing-masing 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm kemudian dihomogenkan dengan alat shaker selama 2 jam. Larutan disaring dan diasamkan dan ditambah larutan KI 20% sambil dikocok sampai homogen kemudian dititrasi sesuai metode iodometri. Konsentrasi ion Cr (VI) yang terserap oleh tanah *diatomeae* dalam konsentrasi ppm dihitung dengan persamaan:

$$W = \frac{(Co - Ce) \times V}{Wa}$$

Keterangan :

W = jumlah zat yang teradsorpsi (mg/g)

Co = Konsentrasi Cr (VI) awal (ppm)

Ce = Konsentrasi Cr (VI) sisa (ppm)

Wa = Berat adsorben (gr)

V = Volume larutan (L)

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu Optimum Adsorpsi Tanah *Diatomeae* terhadap Ion Cr (VI) diukur berdasarkan perlakuan waktu kontak yang difariasikan terhadap massa dan konsentrasi Cr (VI) yang konstan/tetap. Hasil yang diperoleh seperti pada Tabel 1.

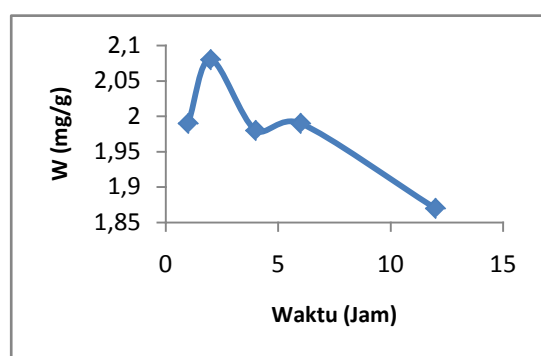
Tabel 1. memperlihatkan bahwa ion Cr (VI) yang paling banyak diserap oleh tanah *diatomeae* adalah sebesar 2,08 mg/g dengan waktu kontak selama 2 jam. Dan daya adsorpsi tanah *diatomeae* yang paling lemah berada pada waktu kontak 12 jam yang mampu menyerap ion Cr (VI) hanya sebesar 1,87 mg/g.

Penelitian untuk mencari waktu kontak optimum adsorpsi tanah *diatomeae*, diperoleh hasil dengan waktu kontak 2 jam. Waktu ini diperoleh

dengan melihat hasil rata-rata volume natrium tiosulfat yang dipakai pada titrasi, yang telah distandarisasi sebelumnya, sebanyak 1,297 ml. Hal ini dapat dilihat pada grafik (gambar 1) hubungan antara waktu kontak dengan konsentrasi ion Cr (VI) yang terserap. Dari grafik (gambar 1), ditunjukkan bahwa dalam waktu kontak 2 jam, daya serap tanah *diatomeae* sangat maksimal sebesar 83,20%.

Tabel 1. Rata-rata ion Cr (VI) (mg/g) yang Teradsorpsi pada Tanah *Diatomeae* pada berbagai Waktu Kontak dari Cr (VI) 50 ppm

Waktu Kontak (jam)	Cr (VI) sisa (Ce) (ppm)	Cr (VI) terserap (W) (mg/g)
1	10,26	1,99
2	8,40	2,08
4	10,32	1,98
6	10,12	1,99
12	12,60	1,87



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Waktu Kontak (jam) dengan Jumlah Ion Cr(VI) yang Terserap (mg/g)

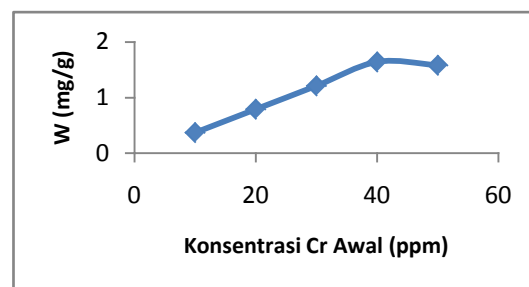
Penentuan Kapasitas Adsorpsi Tanah *Diatomeae* terhadap Ion Cr (VI)

Setelah mengetahui waktu kontak optimum dari tanah *diatomeae* dalam adsorpsi ion Cr (VI), selanjutnya ditentukan daya adsorpsi ion Cr (VI)

yang dapat diadsorpsi oleh tanah *diatomeae*. Penentuan daya adsorpsi terhadap Cr (VI), 1,0 gram tanah *diatomeae* yang telah diaktivasi ditambahkan dengan 60 ml ion Cr (VI) dengan konsentrasi yang bervariasi yakni, 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm. Data adsorpsi tanah *diatomeae* terhadap ion Cr (VI) pada berbagai konsentrasi disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata ion Cr (VI) (mg/g) yang Teradsorpsi pada Tanah *Diatomeae* pada berbagai Konsentrasi dengan Waktu Kontak 2 jam

Cr (VI) awal (Co) (ppm)	Cr (VI) sisa (Ce) (ppm)	Cr (VI) terserap (W) (mg/g)
10	2,58	0,37
20	4,02	0,79
30	5,86	1,21
40	7,22	1,64
50	18,46	1,58



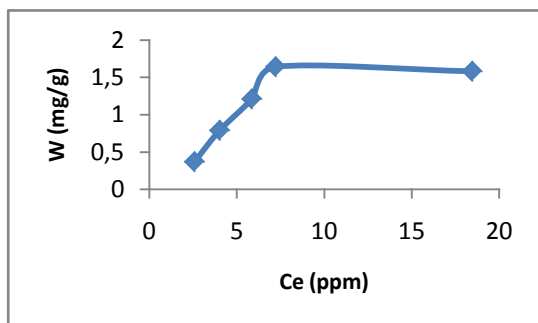
Gambar 2. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Cr (VI) Awal (ppm) dengan Jumlah Ion Cr (VI) yang Terserap (mg/g)

Pada tabel 2 tampak bahwa ion Cr (VI) yang paling banyak diserap oleh tanah *diatomeae* adalah sebesar 1,64 mg/g dengan waktu kontak selama 2 jam. Daya adsorpsi tanah *diatomeae* paling rendah dalam menyerap ion Cr (VI) sebesar 0,37 mg/g. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada gambar berikut (gambar 2), hubungan antara Konsentrasi Ion Cr (VI) Awal dengan Jumlah Ion Cr (VI) yang Terserap.

Pada gambar 2 memperlihatkan daya serap sebesar 81,95% dengan waktu kontak optimum 2 jam dan jumlah ion Cr (VI) yang terserap sebesar 1,64 mg/g. Untuk mengetahui hubungan antara efektifitas adsorpsi dengan konsentrasi larutan pada keadaan setimbang maka dibuat grafik hubungan antara dengan C_e/W dengan C_e .

Tabel 3. Efektifitas adsorpsi ion logam Cr (VI)

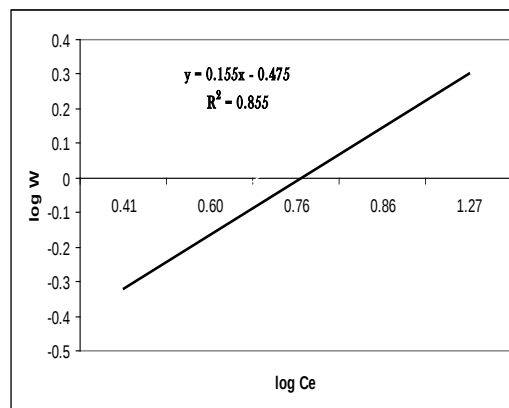
Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Ce/W (mg/g)
10	2,58	6,97
20	4,02	5,09
30	5,86	4,84
40	7,22	4,40
50	18,46	11,68



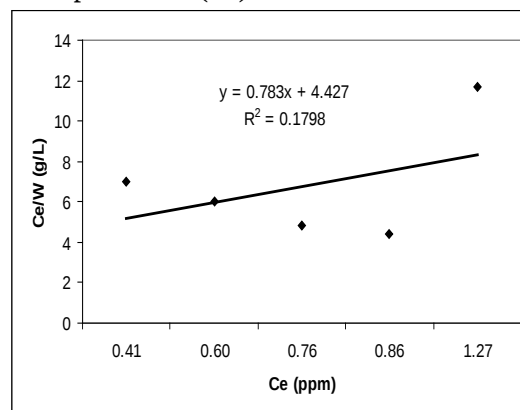
Gambar 3. Grafik hubungan efektifitas adsorpsi ion Cr (VI) oleh tanah *diatomeae* (W) dengan konsentrasi larutan pada kesetimbangan (C_e). Selama waktu optimum penyerapan 2 jam.

Hasil analisis menunjukkan bahwa batas kemampuan tanah *diatomeae* untuk menyerap ion Cr (VI) adalah pada konsentrasi 1,64 mg/g. Hal ini disebabkan karena situs adsorpsi sudah jenuh dengan molekul adsorbat. Ada 2 (dua) cara untuk menentukan kapasitas adsorpsi, yakni dengan metode grafik Freundlich dan Langmuir. Untuk mengetahui apakah adsorpsi ion Cr (VI) oleh tanah *diatomeae* sesuai dengan pola

adsorpsi Freundlich atau Langmuir, maka dibuat grafik yang menunjukkan kurva linear antara $\log C_e$ Vs $\log W$ untuk pola adsorpsi Freundlich dan kurva linear C_e (ppm) Vs C_e/W (g/L) untuk pola adsorpsi Langmuir. Kurva isoterm menurut keduanya ditunjukkan pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Grafik Isotermal Freundlich Adsorpsi Ion Cr (VI) oleh tanah *diatomeae*.



Gambar 5. Grafik Isotermal Langmuir Adsorpsi Ion Cr v(VI) oleh tanah *diatomeae*.

Dengan membandingkan nilai R^2 maka dapat diketahui pola isoterm yang sesuai. Dari kedua grafik di atas tampak bahwa adsorpsi ion Cr (VI) oleh tanah *diatomeae* lebih cenderung mengikuti persamaan Freundlich dari pada persamaan Langmuir. Nilai R^2 untuk kurva isoterm Freundlich lebih mendekati 1 yaitu 0,8550, sedangkan pola isoterm Langmuir nilai R^2 nya adalah 0,1798. Nilai tetapan Freundlich (k dan n) dan

tetapan Langmuir (b dan K) adsorpsi ion Cr (VI) oleh tanah *diatomeae* dapat dilihat pada tabel 4.

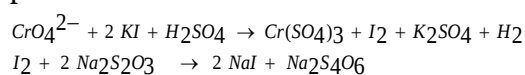
Tabel 4. Nilai tetapan Freundlich (k dan n) dan tetapan Langmuir (b dan K)

Pola Adsorpsi	k (mg/g)	n (g/L)	b (mg/g)	K (L/mg)	R^2
Freundlich	2,985	6,452			0,8550
Langmuir			1,277	0,015	0,1798

Tanah *diatomeae* merupakan salah satu adsorben yang berasal dari batuan sedimen silika yang terutama terdiri dari sisa kerangka fosil tumbuhan air, ganggang yang bersel tunggal. Komposisi kimia *diatomeae* terdiri dari 86% silika dan selebihnya mengandung sekitar 5% Na, 3% Mg dan 2% Fe. Penelitian ini menggunakan tanah *diatomeae* yang berasal dari Yogyakarta dan diaktivasi secara fisik selama 3 jam pada suhu 350°C. Proses adsorpsi yang terjadi pada tanah *diatomeae* ini terjadi dengan 3 (tiga) langkah yakni, (1) mula-mula adsorbat dalam larutan sampel melalui kontak dengan permukaan bagian luar dari tanah *diatomeae*, (2) adsorbat berdifusi ke dalam pori-pori dari partikel tanah *diatomeae* dan (3) adsorbat ditarik ke dinding-dinding pori-pori dan menimbulkan gaya elektrostatik (gaya kimia).

Kapasitas adsorpsi yang tinggi dari tanah *diatomeae* dengan waktu kontak optimum 2 jam, yakni 1,64 mg/g atau 81,95% dapat dilihat pada gambar 5. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada konsentrasi 40 ppm, tanah *diatomeae* melakukan adsorpsi yang optimal dan kemudian menurun pada konsentrasi 50 ppm, yaitu hanya 1,58 mg/g atau 63,08%. Ini menandakan bahwa pada konsentrasi 50 ppm, pori-pori tanah *diatomeae* sudah mengalami kejenuhan dalam penyerapan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah titrasi iodometri atau titrasi iod

secara tidak langsung. Prinsip dasar dari metode titrasi iodometri ini adalah penambahan berlebih ion iodida ke dalam larutan Cr (VI) yang merupakan oksidator, kemudian ion Cr (VI) inilah yang mengoksidasi ion iodida menjadi iod, iod yang bebas kemudian dititrasi dengan natrium tiosulfat. Iod mengoksidasi tiosulfat menjadi ion tetratrat. Sebagaimana diperlihatkan pada reaksi di bawah ini:



Dalam reaksi pada penelitian ini tidak terjadi reaksi samping. Titik akhir titrasi dapat diamati dengan bantuan indikator amilum (kanji) yang memberikan indikasi perubahan warna biru menjadi tak berwarna (bening). Warna biru yang terbentuk disebabkan karena terjadinya kompleks iod-kanji yang berperan sebagai uji peka terhadap iod. Apabila warna biru yang terjadi telah hilang, hal ini berarti iod telah habis bereaksi dengan tiosulfat. Larutan natrium tiosulfat adalah larutan standar sekunder, yang konsentrasinya dapat berubah jika tersimpan lama karena sifatnya yang tidak stabil dan rentan terhadap bakteri pemakan belerang. Oleh karena itu, larutan natrium tiosulfat ini harus selalu distandarisasi ketika akan menggunakannya untuk menjaga agar konsentrasinya tidak berubah dengan larutan standar primer^[4].

Metode titrasi iodometri ini adalah salah satu metode konvensional yang membutuhkan ketelitian dan kehati-hatian yang tinggi. Sebab, kemungkinan untuk terjadinya kesalahan itu ada. Lain halnya dengan metode instrumental yang tidak lagi perlu melakukan langkah-langkah yang cukup banyak dan dapat mengefisienkan waktu, penggunaannya mudah dan data yang diperoleh jauh lebih akurat walaupun diketahui bahwa dengan

menggunakan metode instrumental biaya yang akan dikeluarkan tidaklah sedikit jumlahnya. Metode konvensional dengan titrasi iodometri ini terdiri atas tahapan-tahapan yang banyak sehingga memerlukan ketelitian yang tinggi karena kemungkinan terjadinya kesalahan juga cukup besar. Misalnya, I_2 yang dihasilkan mudah menguap sehingga semakin lama tersimpan maka semakin banyak I_2 yang terlepas dari larutan dan akhirnya akan mengurangi kadar dari zat yang akan dianalisis.

D. KESIMPULAN

1. Waktu kontak optimum tanah *diatomeae* terhadap ion Cr (VI) adalah 2 jam dengan rata-rata serapan sebesar 2,08 mg/g.
2. Kapasitas adsorpsi maksimum tanah *diatomeae* terhadap ion Cr (VI) yaitu sebesar 1,64 mg/g dengan persentase daya serap sebesar 81,95%.
3. Pola adsorpsi tanah *diatomeae* terhadap ion Cr (VI) mengikuti pola adsorpsi Freundlich dengan $R^2 = 0,8550$.

E. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang membantu penelitian ini hingga selesai dan kepada pihak yang bertugas di Laboratorium Analitik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Makassar atas tempat dan peralatan yang mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Sukar, dkk. 1989. Penurunan Kadar Chrom dalam Air Menggunakan Cara Penukar Ion. Buletin Penelitian Kesehatan. Departemen Kesehatan RI. Vol.16 No.3.
- Sukandarrumidi. 1999. *Bahan Galian Industri*. UGM. Yogyakarta.

Priatna, Komar dkk. 1994. *Studi Pendahuluan Kemungkinan Pemanfaatan Diatome Asal Solo Sebagai Adsorbat Air Nira*. Jurnal Kimia Nasional.

Day dan Underwood, 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Erlangga. Jakarta.

Ramlawati, 2004. Profil Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Kemiri (Aleurites mollucana Wild) Yang Diaktivasi Secara Fisika. *Chemica Makassar*. Vol. 2 No.1.