



Pemanfaatan Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi TiO₂ Untuk Menurunkan Kadar Ion Cu (II) dengan Variasi Waktu Penyinaran UV dalam Air

Utilization of Zeolite ZSM-5 Impregnated TiO₂ to Decrease Ion Cu (II) With Variation of UV Irradiation Time In Water

Eza Nur Ismania*, Ana Hidayati Mukaromah, Stalis Norma Ethica

Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

*eza.nurismania@gmail.com

Abstrak

Logam berat dalam limbah biasanya berada dalam berbagai kondisi seperti : tidak larut, terlarut, anorganik, tereduksi, teroksidasi, logam bebas, terpresipitasi, terserap . Penelitian ini menitik beratkan pada logam tembaga yang banyak dihasilkan oleh industri elektroplating. Ion logam Cu (II) merupakan ion logam yang esensial, dan jika kelebihan akan mengakibatkan keracunan. Aktivitas fotokatalis TiO₂ dapat ditingkatkan dengan penambahan material pendukung seperti zeolit ZSM-5, melalui impregnasi logam titanium. Tujuan umum penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi waktu penyinaran UV setelah penambahan TiO₂-ZSM-5 terhadap kadar Cu (II) dalam air. Metode impregnasi TiO₂-ZSM-5 dengan cara mencampurkan 20 g ZSM-5 kedalam 1 g TiO₂ dan ditambah 20 mL etanol absolut. Pengukuran kadar Cu (II) diukur dengan metode spektrofotometri UV-Vis. Hasil penelitian di peroleh kadar Cu (II) awal 47,13 mg/L. Persentase penurunan kadar ion Cu (II) variasi penyinaran UV 15, 30, 45, 60 dan 75 menit berturut-turut adalah 68,23%, 69,84%, 71,66%, 73,34% dan 75,25%. Persentase penurunan kadar ion Cu (II) tertinggi pada lama penyinaran 75 menit yaitu 75,25%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka semakin maksimal serbuk TiO₂-ZSM-5 menyerap ion Cu (II) sehingga persentase penurunan yang dihasilkan semakin besar.

Kata kunci: Cu(II), Impregnasi, TiO₂, ZSM-5, Penyinaran UV

Abstract

Heavy metals in waste are usually present in various conditions such as: insoluble, dissolved, inorganic, reduced, oxidized, free metal, precipitated, absorbed. This research focuses on the copper metal produced by the electroplating industry. The Cu (II) metal ion is an essential metal ion, and if excess will be detrimental to health, resulting in poisoning. TiO₂ photocatalyst activity can be enhanced by the addition of supporting materials such as ZSM-5 zeolite, by impregnation of titanium metal. The general purpose of this research is to know the effect of UV irradiation time variation after the addition of TiO₂-ZSM-5 to Cu (II) in water. The method of impregnating TiO₂-ZSM-5 by mixing 20 g of ZSM-5 into 1 g of TiO₂ and 20 mL of absolute ethanol is added. Measurement of Cu (II) content was measured by UV-Vis spectrophotometric method. The results of the study obtained initial Cu (II) content of 47.13 mg / L. the percentage of decrease of Cu (II) ion content of UV variation of 15, 30, 45, 60, and 75 minutes respectively was 68.23%, 69.84%, 71.66%, 73.34%, and 75.25 %. The highest percentage of decrease of Cu (II) content in 75 minutes long irradiation time is 75.25%. From these results it can be concluded that the longer the irradiation time the more the maximum powder TiO₂-ZSM-5 absorb Cu (II) ions so that the percentage of the resulting greater decrease.

Keywords: Cu (II), Impregnation, TiO₂, ZSM-5, UV irradiation



PENDAHULUAN

Limbah logam berat banyak terdapat didalam beberapa limbah industri kimia. Misalnya pada industri elektroplating, metalurgi, smelting dan lain-lain. Limbah-limbah tersebut dapat menyebabkan pencemaran apabila dibuang dan melebihi ambang batas yang diperbolehkan (Suprihatin dan Erriek, 2012). Logam Cu termasuk logam berat esensial, jadi meskipun beracun tetapi sangat dibutuhkan manusia dalam jumlah yang kecil. Toksisitas yang dimiliki Cu baru akan bekerja setelah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait (Palar, 2004). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tanggal 19 April 2010 tentang kualitas air minum, kadar maksimum Cu yang diperbolehkan adalah 2 mg/L.

Proses adsorpsi merupakan metode yang tepat untuk penghilangan ion logam (Zakaria dkk., 2012). Adsorpsi dapat dilakukan terhadap ion logam berat menggunakan berbagai macam adsorben, diantaranya adalah zeolit, alofan, kitin kitosan, biosorben dari spesies alga, karbon aktif, dan selulosa (Solikah dan Utami, 2014). Zeolit merupakan mineral yang istimewa karena struktur kristalnya mudah diatur, sehingga dapat dimodifikasikan sesuai dengan keperluan pemakai dan dapat digunakan untuk tujuan tertentu. Karena keistimewaannya itu, zeolit dapat dimanfaatkan untuk keperluan tertentu seperti penukar ion, adsorben dan katalisator (Sulardjaka dan Fitriyana, 2012) ZSM-5 (*Zeolit Socony Mobile-5*) merupakan salah satu contoh zeolit sintesis, yang mempunyai rangka tiga dimensi dan memiliki selektivitas tinggi serta tidak mudah terdeaktivasi. ZSM-5 dapat disintesis dari campuran silika, alumina dan basa organik, memiliki stabilitas termal, selektivitas yang unik, pertukaran kation dan struktur jaringan (Mukaromah dkk., 2015).

Kemampuan adsorpsi dari ZSM-5 dapat ditingkatkan melalui impregnasi dengan media pendukung seperti TiO_2 . TiO_2 dapat berfungsi sebagai fotokatalis yaitu mempercepat reaksi yang diindikasikan oleh cahaya karena mempunyai struktur semikonduktor yaitu struktur elektronik yang dikarakterisasi oleh adanya pita valensi (*valence band; vb*) terisi dan pita konduksi (*conduction band; cb*) yang kosong. Kedua pita tersebut dipisahkan oleh energi celah pita (*band gap energi; Eg*). Eg TiO_2 jenis *anatase* sebesar 3,2 eV dan jenis *rutile* sebesar 3,0 eV, sehingga jenis *anatase* lebih fotoreaktif daripada jenis *rutile* (Hoffmann, 1997; Fujishima, 1999).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu penyinaran sinar UV setelah penambahan TiO_2 -ZSM-5 terhadap kadar Cu(II) dalam air. Variasi waktu penyinaran UV dilakukan dengan asumsi bahwa semakin lama waktu kontak serbuk TiO_2 -ZSM-5 dengan logam Cu(II) dalam air, maka semakin optimum serbuk TiO_2 -ZSM-5 menyerap logam Cu(II) sehingga persentase penurunan kadar Cu(II) semakin besar.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah larutan baku $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, larutan TPA-Br 0,1 M, NaAlO_2 , NaOH 50%, Ludox HS-40%, etanol absolut, serbuk titanium dioksida (TiO_2), NH_4OH 5%, Na dietil ditiokarbamat 1%, NH_4OH 5% dan aquadest.

Alat

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, spektrofotometer UV Vis, Oven, botol propilen, magnetik stirrer, *muffle furnace*, mortar, ayakan 100 mesh, kertas whatman 42, lampu UV.



Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Zeolit ZSM-5

NaAlO_2 ditimbang sebanyak 0,136 g dan NaOH 50% sebanyak 1,390 g dicampur dalam botol propilen 1. Dilaarutkan TPA-Br 1,549 g dengan sejumlah air 7,3802 g dalam botol propilen 2 dan diaduk diatas pengaduk magnetik selama 5 menit. Kemudian dimasukan ke dalam botol propilen 1 dan ditambahkan ludox HS-40% sebanyak 24,940 g sehingga terbentuk semi gel dan dikocok selama 6 jam. Maka terbentuk gel yang homogen. Selanjutnya, botol propilen 1 dimasukan ke dalam oven bertemperatur 90°C selama 4 hari hingga terbentuk padatan putih. Endapan putih di cuci dengan air dan disaring menggunakan kertas whatman 42 dan dimasukan kedalam oven bertemperatur 60°C selama 24 jam untuk mendapatkan padatan yang mengering dengan maksimal dan selanjutnya padatan dipanaskan pada suhu 550°C di dalam furnace selama 6 jam. Kemudian padatan digerus dan di ayak dengan ayakan ukuran 100 mesh (Mukaromah dkk, 2017).

2. Persiapan TiO_2

Serbuk titanium dioksida dipanaskan pada suhu 100°C selama 1 jam kemudian di ayak

a. Impregnasi TiO_2 ke dalam ZSM-5

Fotokatalisis TiO_2 -ZSM-5 dibuat dengan cara mencampurkan Zeolit sebanyak 20 g dengan TiO_2 sebanyak 1 g dan ditambahkan dengan etanol absolut.sebanyak 20 mL. Campuran diaduk dengan pengaduk magnet selama 5 jam. Setelah itu campuran dikeringkan dalam oven pada temperature 120°C selama 5 jam. Hal ini dilakukan untuk membersihkan pori-pori zeolit dari partikel TiO_2 yang tidak terikat dengan baik pada permukaan zeolit tersebut. Setelah kering TiO_2 -ZSM-5 digerus sampai halus dan di kalsinasi pada temperatur 400°C selama 5 jam (Fatimah dkk, 2005).

b. Optimasi panjang gelombang, waktu kestabilan dan baku seri Cu (II)

Sebelum dilakukan penetapan kadar Cu (II) awal maupun setelah perlakuan terlebih dahulu dilakukan penetapan optimasi panjang gelombang, waktu kestabilan dan baku seri menggunakan sampel logam Cu (II) 10 mg/L.

c. Penetapan kadar Cu (II) awal

Sampel Cu(II) 50 mg/L dipipet sebanyak 5,0 mL dimasukan kedalam labu ukur 50,0 ml kemudian ditambahkan 30 mL akuades. Selanjutnya ditambahkan larutan NH_4OH 5% sebanyak 5 ml dan Na dietil ditiokarbamat 1% sebanyak 5,0 ml kemudian ditepatkan dengan akuades sampai tanda batas dan dihomogenkan. Larutan sampel dibaca absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 450 nm dan waktu kestabilan 15 menit.

d. Perlakuan penurunan kadar Cu (II) dengan serbuk TiO_2 -ZSM-5 0,25% b/v dengan penyinaran UV selama 15 menit

Larutan sampel Cu(II) 50 ppm diambil sebanyak 50 ml kedalam Erlenmeyer 250 ml kemudian ditambahkan TiO_2 -ZSM-5 dengan konsentrasi 0,25% b/v. Selanjutnya Larutan dihomogenkan dengan pengaduk magnetik dan diradiasi menggunakan sinar UV (254 watt) selama 15 menit. Setelah 15 menit dilakukan penyaringan menggunakan kertas whatman 42. Perlakuan diulang untuk variasi waktu 30, 45, 60, dan 75 menit.

- e. Penentuan kadar Cu (II) setelah ditambah dengan serbuk TiO₂-ZSM-5 0,25% b/v dengan penyinaran UV selama 15 menit

Filtrat hasil penurunan kadar Cu(II) yang sudah ditambah 0,25% b/v TiO₂-ZSM-5 diambil sebanyak 10,0 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 50,0 mL, ditambahkan ± 35 mL akuades. Larutan NH₄OH 5% sebanyak 5 mL dan Na dietil ditiokarbamat 1% sebanyak 5,0 mL ditambahkan ke dalam labu ukur, lalu ditepatkan dengan akuades hingga tanda batas dan di homogenkan. Absorbansi dibaca menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 450 nm dan waktu kestabilan 15 menit. Selanjutnya filtrat hasil penurunan kadar Cu(II) yang sudah mendapat perlakuan dilakukan penyinaran UV selama 15, 30, 45, 60, dan 75 menit.

Rumus Perhitungan

Setelah didapatkan absorbansi dari sampel baku seri dan blanko maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus baku seri:

Persamaan garis : $y = ax + b$

$$x = \frac{y-b}{a} \times fp$$

y = absorbansi, x = kadar Cu (II), a =konstanta, b = koefisien, fp = faktor pengenceran.

Persentase penurunan kadar Cu(II)

$$\left[\frac{\text{kadarCu(II)awal} - \text{kadarCu(II)akhir}}{\text{kadarCu(II)awal}} \right] \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi panjang gelombang

Optimasi panjang gelombang dilakukan dengan menggunakan baku Cu(II) 1,0 mg/L, 3,0 mg/L dan 5,0 mg/L yang diukur pada panjang gelombang 440-500 nm. Hasil absorbansi dapat dilihat pada grafik 1.

Waktu kestabilan

Penentuan waktu kestabilan menggunakan baku Cu(II) 1,0 mg/L, 3,0 mg/L, 5,0 mg/L kemudian dilakukan pembacaan absorbansi menggunakan alat spektrofotometer dengan waktu kestabilan 5, 10 dan 15 menit, lalu dibaca pada panjang gelombang yang optimum. Hasil waktu kestabilan dapat dilihat pada grafik 2.

Kurva Kalibrasi

Penentuan kurva kalibrasi menggunakan baku Cu (II) 0,5 – 5,0 mg/L, kemudian absorbansi dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 450 nm dan waktu kestabilan 15 menit. Hasil kurva kalibrasi dapat dilihat pada grafik 3.

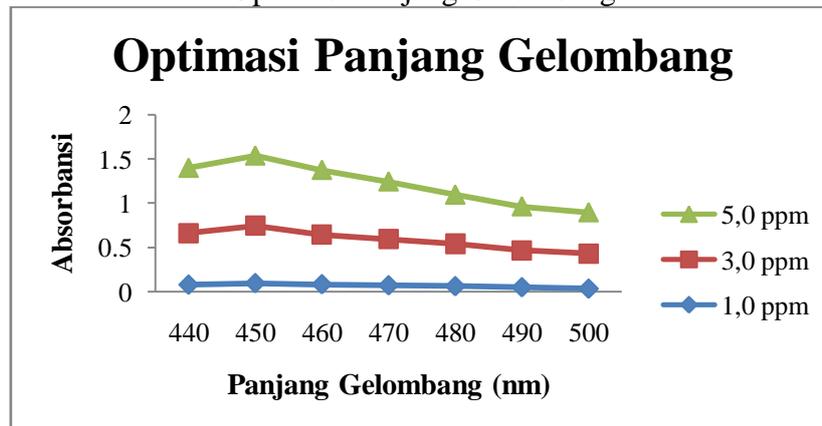
Penetapan kadar Cu (II) awal sebelum perlakuan

Hasil penetapan kadar Cu (II) dapat dilihat pada tabel 1.

Kadar Cu (II) akhir setelah perlakuan dengan serbuk TiO₂-ZSM-5 0,25% b/v

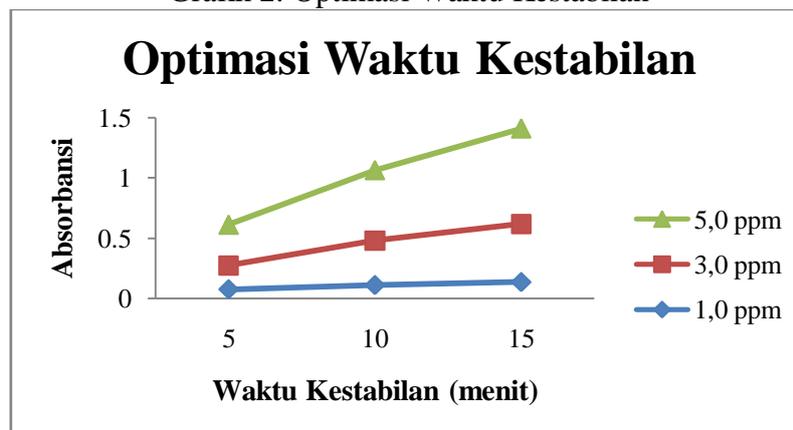
Hasil pengukuran kadar Cu (II) setelah perlakuan dengan serbuk TiO₂-ZSM-5 0,25% b/v dapat dilihat pada tabel 2 dan grafik 4.

Grafik 1:
Optimasi Panjang Gelombang



Grafik 1. Menunjukkan adanya kenaikan nilai absorbansi larutan baku Cu (II) 1,0 mg/L, 3,0 mg/L, 5,0 mg/L pada panjang gelombang 440 nm – 450 nm, namun pada panjang gelombang 460 nm, 470 nm, 480 nm, 490 nm, 500 nm absorbansi mengalami penurunan. Sehingga panjang gelombang optimum adalah 450 nm.

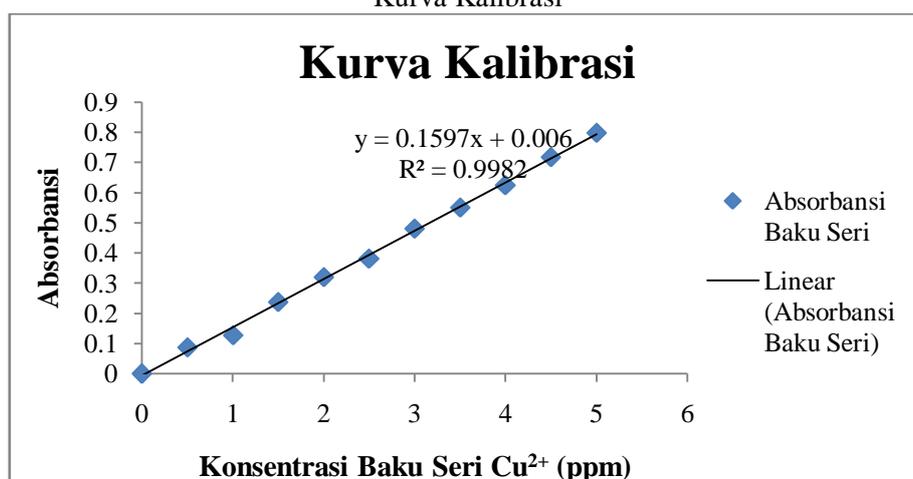
Grafik 2. Optimasi Waktu Kestabilan



Grafik 2. Menunjukkan optimasi waktu kestabilan dilakukan dengan baku seri 1,0 mg/L, 3,0 mg/L, 5,0 mg/L menggunakan panjang gelombang 450 nm dengan waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Absorbansi mengalami kenaikan sampai pada waktu 15 menit. Sehingga diperoleh waktu kestabilan optimum untuk penetapan kadar Cu^{2+} adalah 15 menit.



Grafik 3:
Kurva Kalibrasi



Grafik 3. Menunjukkan regresi linier persamaan garis kurva baku Cu^{2+} $Y = 0,1597x + 0,006$, dengan R square = 0,9982. Rumus ini digunakan untuk menghitung konsentrasi kadar Cu^{2+} awal dan Cu^{2+} akhir setelah perlakuan.

Tabel 1:
Kadar Cu (II) awal sebelum perlakuan

Pengulangan	Absorbansi sampel	Kadar Cu (II) awal (mg/L)	Rata-rata kadar Cu^{2+} awal (mg/L)
1	0,761	47,28	47,13 ± 0,11
2	0,808	50,22	
3	0,756	46,96	
4	0,759	47,15	
5	0,793	49,28	

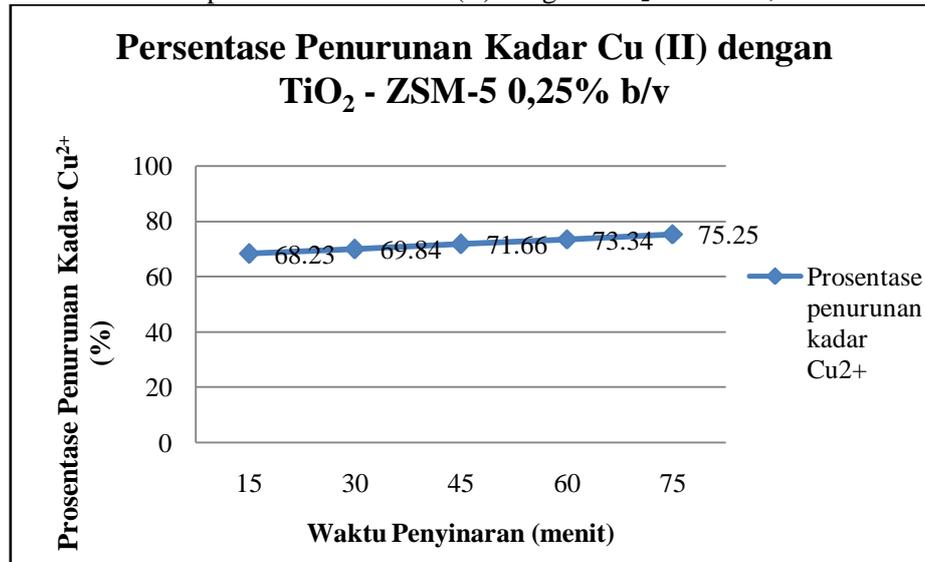
Tabel 1. Menunjukkan kadar Cu (II) awal diperoleh rata-rata kadar Cu (II) awal pada sampel adalah 47,13 ± 0,11 mg/L.

Tabel 2:
Persentase penurunan kadar Cu (II) akhir setelah penambah serbuk $\text{TiO}_2\text{-ZSM-5}$ 0,25% b/v

Variasi Penyinaran UV	Persentase penurunan kadar Cu (II) setelah penyinaran (%)
15	68,23± 0,12
30	69,84± 0,10
45	71,66± 0,21
60	73,34± 0,19
75	75,25± 0,26



Grafik 4:
Persentase penurunan kadar Cu (II) dengan TiO₂-ZSM-5 0,25% b/v



Berdasarkan Tabel 2 dan Grafik 4, persentase tertinggi penurunan kadar Cu (II) dengan penambahan serbuk TiO₂-ZSM-5 pada lama penyinaran 75 menit dan persentase terendah pada lama penyinaran 15 menit. Hal ini terjadi karena TiO₂ yang diimpregnasikan ke dalam ZSM-5 memiliki fungsi ganda yaitu sebagai adsorben (dari sifat ZSM-5 yang berpori dan memiliki kation yang dapat dipertukarkan) serta sebagai fotokatalis. Sehingga semakin lama waktu kontak serbuk TiO₂-ZSM-5 dengan logam Cu²⁺ dalam air, maka semakin optimum serbuk TiO₂-ZSM-5 menyerap logam Cu²⁺ sehingga persentase penurunan kadar Cu²⁺ semakin besar.

KESIMPULAN

Dengan penambahan serbuk TiO₂ – ZSM-5 yang dipengaruhi oleh variasi penyinaran UV terbukti mampu menurunkan kadar Cu²⁺ dalam air. Semakin lama waktu penyinaran UV maka semakin maksimal serbuk TiO₂ – ZSM-5 menyerap ion Cu²⁺ sehingga persentase penurunan yang dihasilkan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Kesehatan RI. Peraturan menteri kesehatan RI No. 492/MenKes/Per/IV/2010. *Persyaratan kualitas air minum*.
- Fatimah dan Wijaya. 2005. *Sintesis TiO₂/Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi*. Yogyakarta
- Mukaromah, A. H., Ariyadi, T., Saputri, M. J., & Utami, R. A. (2017, October). *Penurunan konsentrasi gas karbon oksida dengan membran Zeolit ZSM-5 secara coating menggunakan kasa aisi 316*
- Mukaromah, A. H., Nurropiah, P., Diah, H. S. 2015. *Penurunan Kadar Krom (VI) Dalam Air Menggunakan Zeolit ZSM-5 dengan Variasi Konsentrasi dan Lama Waktu Perendaman*. Semarang
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. Jakarta : PT Rineka Cipta
- Sulardjaka dan Fitriyana, D. F. 2012. *Sintesis Zeolit A Berbahan Dasar Limbah Geotermal dengan Metode Hidrotermal*. Simposium Nasional RAPI XI. M42-47



- Suprihatin dan Erriek, A. 2012. *Biosorpsi Logam Cu (II) dan Cr (IV) pada Limbah Elektroplating dengan Menggunakan Biomasa Phanerochaete Chrysosporium*. Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Jawa Timur.
- Zakaria, A., Rohaeti, E., Batubara, I., Sutisna, Purwamarga, P. 2012. *Adsorpsi Cu Menggunakan Zeolit Sintesis dari Abu Terbang Batubara*. Institut Pertanian Boor. Bogor