

PENGARUH PENAMBAHAN $\text{Cr}(\text{OH})_3$ DAN $\text{Fe}(\text{OH})_2$ DALAM PEWARNA GLASIR TERHADAP MODULUS PATAH DAN DAYA SERAP BAHAN

Syarifah Aini¹, Noni Retno Afrianti¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widya Dharma Klaten
aini07931@gmail.com

ABSTRAK

Limbah logam berat adalah limbah B3 yang cukup berbahaya dan merusak lingkungan, diantaranya adalah limbah industri elektroplating yang menghasilkan limbah $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan campuran pewarna glasir dan mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dalam pewarna glasir terhadap modulus patah dan daya serap bahan. Bahan-bahan dihaluskan dan diayak dengan ukuran 200 mesh, kemudian ketiga bahan dicampur homogen dengan komposisi leucite 15%, kapur 15%, borax 70%, lalu disuspensikan dengan air sampai homogen, setelah itu ditambahkan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (perbandingan campuran pewarna sebanyak 3%-7% berat dari glasir). Percobaan diulangi dengan menambahkan $\text{Cr}(\text{OH})_3$, kemudian campuran $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Hasil suspensi dituangkan ke genteng uji sampai merata, kemudian dimasukkan ke dalam muffle, dipanaskan pada suhu 900°C selama 2 jam dan didinginkan. Setelah itu dianalisa modulus patah dan daya serap genteng uji tersebut. Penelitian ini menghasilkan warna coklat yang optimal pada penambahan 6% $\text{Fe}(\text{OH})_2$, warna hijau yang optimal pada penambahan 7% $\text{Cr}(\text{OH})_3$, dan warna hijau kekuningan yang optimal pada penambahan 3% campuran $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Dari data penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin banyak oksida logam yang ditambahkan, maka modulus patah semakin besar, dan daya serap semakin kecil.

Kata Kunci : Oksida Logam, Pewarna Glasir, Modulus Patah, Daya Serap

ABSTRACT

Heavy metal waste is B3 waste that has hazardous and environmentally damaging effect, such as electroplating industry waste which produces $\text{Cr}(\text{OH})_3$ and $\text{Fe}(\text{OH})_2$ wastes. The purpose of this research is to use the waste as a mixture of glaze and to know how much the effect of $\text{Cr}(\text{OH})_3$ and $\text{Fe}(\text{OH})_2$ addition in glaze dye to the fracture modulus and the absorption capacity of the material. The materials were mashed and sieved with a size of 200 mesh, then the three materials were mixed with homogeneous which have 15% leucite, 15% lime, 70% borax composition, then suspended with water until homogeneous. Afterward, added $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (comparison mix of dye as much as 3%-7% weight of glaze). The experiment was repeated by adding $\text{Cr}(\text{OH})_3$, then a mixture of $\text{Fe}(\text{OH})_2$ and $\text{Cr}(\text{OH})_3$. The suspension result is poured onto the test tile and be spread evenly, then inserted into the muffle, heated to 900°C for 2 hours and cooled. After that, analyzed the fracture modulus and absorption capacity of the test tile. The result of this study; first, the addition of 6% $\text{Fe}(\text{OH})_2$ optimize the brown color. Second, the addition of 7% $\text{Cr}(\text{OH})_3$ optimize the green color. Last, the addition of 3% mixture of $\text{Fe}(\text{OH})_2$ and $\text{Cr}(\text{OH})_3$ optimize yellowish green color. From the research data it can be concluded that the more metal oxides are added, the greater the fracture modulus, and the smaller the absorption.

Keyword; Metal Oxides, Glaze dye, Fracture Modulus, Absorption Capacity

PENDAHULUAN

Limbah logam berat adalah limbah B3 yang cukup berbahaya dan merusak lingkungan, diantaranya adalah limbah industri electroplating yang menghasilkan limbah $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Limbah tersebut bila dibuang ke lingkungan dalam jumlah yang cukup banyak akan merusak ekosistem perairan yang tercemar limbah tersebut dan dapat menyebabkan keracunan terhadap makhluk hidup yang berhabitat di perairan itu. Oleh karenanya perlu pengolahan lebih lanjut terhadap limbah logam tersebut.

Penelitian ini mencoba untuk memanfaatkan limbah logam berat $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang dihasilkan dari industri electroplating sebagai bahan campuran pewarna glasir yang digunakan untuk melapisi bahan-bahan keramik.

Penelitian ini mempunyai tujuan berapa besar pengaruh penambahan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang dihasilkan dari industri electroplating dalam pewarna glasir terhadap modulus patah dan daya serap bahan tersebut.

Limbah industri electroplating berasal dari bahan-bahan kimia yang digunakan dan hasil dari proses pelapisan. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah bahan beracun sehingga limbah yang dihasilkan berbahaya bagi kesehatan manusia. Pelapisan logam merupakan pengendapan satu lapisan logam tipis pada suatu permukaan logam atau plastik yang dilakukan dengan tenaga listrik, tetapi juga bisa dilakukan dengan menggunakan reaksi kimia.

Pengolahan limbah dalam industri pelapisan diutamakan pada penghilangan logam, asam, alkali, sianida dan kadang-kadang pelarut yang membahayakan lingkungan.

Karenanya diperlukan langkah terpisah untuk menghilangkan masing-masing komponen, maka aliran limbah harus dipisahkan sebelum diolah. Untuk operasi kecil, pengolahan secara batch sering berhasil baik. Pengolahan secara batch memerlukan daya tampung untuk penyamaan dan penetralan, baik sebelum dan sesudah pengolahan. Biasanya pabrik pelapisan memisahkan aliran limbahnya menjadi limbah yang mengandung sianida, limbah yang mengandung krom, dan limbah-limbah lainnya (logam, asam dan alkali) (Marwati, 2007).

Krom dapat diendapkan sesudah direduksi menjadi bentuk bervalensi tiga, yang kurang beracun. Larutan krom tereduksi yang dihasilkan biasanya dicampur dengan larutan sianida yang telah diolah dan limbah pelapisan lainnya untuk diolah lebih lanjut. Cara lain pengolahan krom adalah oksidasi langsung dan pengendapan dengan natrium hidrosulfat atau hidrazin, reduksi elektrokimia, penguapan atau penukaran ion. Logam diendapkan pada pH tinggi dengan penambahan kapur atau kostik. Penjernihan perlu dirancang dengan benar agar lumpur hidroksida logam dapat dipisahkan dengan tuntas.

Lumpur yang dihasilkan oleh pengolahan air buangan merupakan sumber utama limbah padat dalam pabrik pelapisan. Sumber-sumber lain adalah dari sistem perolehan kembali larutan, sistem perolehan kembali logam dan endapan saringan. Limbah padat mengandung semua logam berat beracun yang berasal dari operasi pelapisan dan harus ditangani secara hati-hati. Endapan hidroksida logam dapat larut kembali bila kena hujan pada pH 5,5 sampai 6,5. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba memanfaatkan endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dari limbah lumpur industri electroplating tersebut menjadi bahan tambahan pewarna glasir (Said, 2006).

Glasir adalah lapisan tipis bahan-bahan silikat pada permukaan barang-barang keramik yang lebur setelah dibakar dan merupakan suatu lapisan gelas tipis. Pengglasiran biasa dilakukan dengan mensuspensikan bahan mentah dari glasir dengan air sampai betul-betul homogen, kemudian benda keramik yang akan diglasir, bisa disemprot, diolesi atau dicelupkan. Pada pembakaran bahan mentah dari glasir ini akan bereaksi dan melebur sehingga terbentuk glasir.

Benda-benda keramik setelah dibakar permukaannya menjadi kusam dan berpori, sehingga banyak menyerap air dan mengurangi keindahannya. Untuk itu diberi lapisan glasir pada permukaan benda-benda keramik tersebut, dengan maksud yaitu memperindah kenampakan, menambah kekuatan dan memperkeras permukaan, menutupi pori-pori permukaan, dan supaya mudah untuk membersihkannya (Norton,1957).

Bahan-bahan glasir, diantaranya:

1. Kapur (CaO)

Kapur banyak digunakan pada pembuatan bahan keramik ataupun glasir. Fungsi kapur dalam bahan glasir adalah sebagai pengeras glasir dan keawetan/ketahanannya. Kapur juga dapat menghambat pelapukan yang disebabkan oleh pelarut air. Bila CaO terlalu banyak dalam glasir akan menghasilkan permukaan kasar dan suram. Hal ini disebabkan oleh sifat tahan api dari bahan dan terbatasnya kelarutan dari kalsium silikat dalam leburan. Titik lebur CaO adalah 25-75 °C.

2. Leucite (KAlSi₂O₆)

Leucite merupakan mineral feldspathoids yang berwarna putih atau abu-abu. Leucite mengandung 55,06% SiO₂ yang merupakan elemen utama pada glasir untuk membentuk lapisan gelas. Semakin banyak silica akan meningkatkan titik lebur, kekerasan dan kekuatan.

3. Borax (Na₂O.2B₂O₃.10H₂O)

Leucite dan kapur mempunyai titik lebur yang relative tinggi maka perlu diturunkan. Borax disini berfungsi

sebagai flux untuk menurunkan titik lebur. Titik lebur borax 300°C. Borax mengurangi kekentalan, membantu mengatasi retak-retak pada permukaan glasir pada temperature masak, juga untuk mengatasi sifat cair pada peleburan glasir (Van Vlack,1994).

Beberapa faktor yang mempengaruhi permukaan glasir yang dihasilkan, adalah sifat dan kondisi badan keramik, temperatur dan lama pembakaran, pencampuran bahan-bahan glasir, komposisi glasir, ketebalan glasir, viscositas peleburan glasir, diffusibility antara badan dan komponen glasir (Parmelle, 1948).

Aplikasi warna pada glasir adalah:

1. Under glaze

Warna akan diletakkan pada badan sebelum diglasirkan (dekorasi dibawah glasir). Warna dibawah glasir harus tahan terhadap pengaruh glasir diatasnya yang sedang meleleh, dan warna glasir ini harus dibuat dari bahan-bahan yang tidak larut dalam glasir atau tidak mudah luntur.

2. Over glaze

Badan dan glasir setelah dibakar diberi pewarna diatasnya kemudian dibakar kembali dengan suhu yang rendah antara 600-800°C.

3. In glaze

Pewarna dan glasir dicampur lalu diglasirkan pada bahan keramik dengan suhu tertentu. Cara ini lebih ekonomis, karena menggunakan sekali pembakaran glasir.

Pada penelitian ini menggunakan cara In glaze dengan mencampurkan pewarna dan glasir, setelah diglasirkan pada bahan keramik lalu dibakar pada suhu 900°C.

Warna yang dihasilkan dipengaruhi oleh susunan glasir, daya larut bahan warna dalam glasir, dan temperatur pembakaran. Temperatur pembakaran yang rendah (920-1080°C) akan menghasilkan warna-warna yang indah. Temperatur pembakaran antara 1100-1200°C akan menghasilkan glasir yang

kuat, tahan terhadap retak-retak, dan dapat memberikan aneka warna. Temperatur pembakaran tinggi (1220-1300°C) akan menghasilkan glasir yang sangat kuat, biasanya digunakan untuk barang-barang saniter (Razak, 1981).

Beberapa oksida logam pemberi warna, yaitu : warna coklat (oksida besi, oksida mangan, oksida nikel), warna hijau (oksida krom, oksida tembaga), warna biru (oksida kobalt, oksida tembaga), warna kuning (oksida titan, oksida besi, oksida antimon, oksida uranium), warna merah (oksida krom, oksida uranium, sulfat besi dan oksida tembaga).

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan terdiri dari bahan utama dan bahan uji. Bahan utamanya terdiri dari leucite, kapur, borax, limbah elektroplating $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Bahan ujinya adalah genteng-genteng kecil yang diperoleh dari toko material. Alat-alat yang digunakan adalah penggerus, ayakan 200 mesh, timbangan, cawan porselen, gelas ukur, muffle, alat ukur modulus patah.

Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan yaitu leucite, kapur dan borax masing-masing dihaluskan dan diayak dengan ukuran 200 mesh, kemudian ketiga bahan tersebut dicampur homogen dengan komposisi leucite 15%, kapur 15%, borax 70%. Campuran dari ketiga komposisi ini kemudian disuspensikan dengan air sampai betul-betul homogen, setelah itu ditambahkan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dengan komposisi tertentu sebagai pewarna (perbandingan campuran bahan pewarna glasir sebanyak 3%-7% berat dari glasir). Percobaan diulangi dengan menggunakan $\text{Cr}(\text{OH})_3$, kemudian campuran $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Hasil suspensi dituangkan secukupnya ke genteng uji sampai merata, kemudian dimasukkan ke dalam muffle, dipanaskan pada suhu 900°C selama 2 jam dan didinginkan. Setelah itu

dianalisa modulus patah dan daya serap genteng uji tersebut.



Gambar 1. Diagram Alir Percobaan

Metode Analisa

a. Modulus Patah

Benda uji diukur tebalnya (d cm) dan lebarnya (b cm). Benda uji diletakkan diatas pisau penyangga. Ember mulai diisi pasir sedikit demi sedikit dan dihentikan bila benda uji mulai patah atau retak. Pasir dan ember ditimbang beratnya sebagai beban yang bekerja pada ujung tuas (p kg) dan jarak antara kedua pisau penyangga (l cm). Jarak antara sumbu tuas sampai titik beban (r cm), dan jarak antara sumbu sampai pisau penekan (s cm).

$$\text{Modulus patah} = \frac{3 p l r}{2 b d^2 s} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

b. Serapan Air

Benda uji diberi kaca pada tepi permukaannya menyerupai akuarium dan diberi skala, kemudian diisi air lalu penurunan air diukur selama satu hari.

$$\text{Daya serap} = \frac{h A \rho}{A t} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^2 \cdot \text{hari}} \right)$$

dimana:

h = tinggi permukaan air, cm

A = luas permukaan, cm^2

ρ = densitas air, g/cm^3

t = waktu, hari

(Andrew, 1928).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

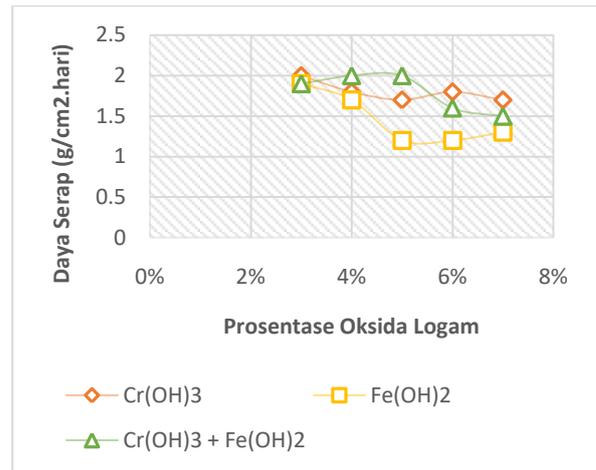
Hasil Penelitian

a. Modulus Patah

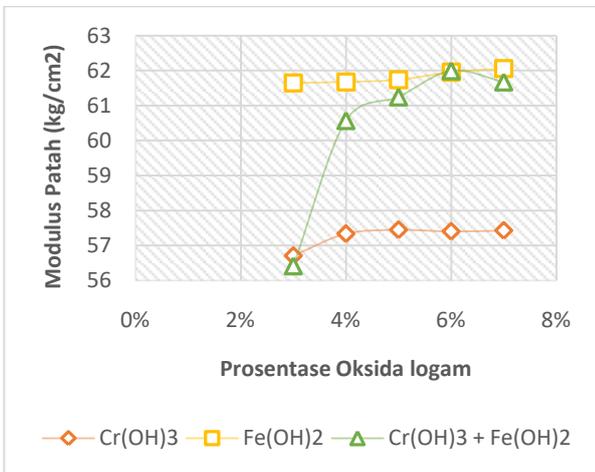
Hasil penelitian memperoleh hubungan antara penambahan oksida logam sebagai pewarna yang terdapat pada limbah elektroplating dengan modulus patah, seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Penambahan Oksida Logam dan Modulus Patah

Oksida Logam	Modulus Patah (kg/cm^2)				
	3%	4%	5%	6%	7%
$\text{Cr}(\text{OH})_3$	56,706	57,338	57,451	57,405	57,431
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	61,645	61,674	61,735	61,955	62,057
$\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{Fe}(\text{OH})_2$	56,413	60,570	61,246	61,995	61,674



Gambar 3. Pengaruh penambahan oksida logam terhadap daya serap



Gambar 2. Pengaruh penambahan oksida logam terhadap modulus patah

b. Daya Serap

Hasil penelitian memperoleh hubungan antara penambahan oksida logam sebagai pewarna yang terdapat pada limbah elektroplating dengan daya serap bahan, seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hubungan Penambahan Oksida Logam dan Daya Serap

Oksida Logam	Daya Serap ($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{hari}$)				
	3%	4%	5%	6%	7%
$\text{Cr}(\text{OH})_3$	2,0	1,8	1,7	1,8	1,7
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	1,9	1,7	1,2	1,2	1,3
$\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{Fe}(\text{OH})_2$	1,9	2,0	2,0	1,6	1,5

Pembahasan

a. Modulus Patah

Dari gambar 2 dapat dilihat kecenderungan kenaikan modulus patah dengan kenaikan penambahan oksida logam, hal ini disebabkan bahwa selain sebagai pewarna oksida logam juga berfungsi sebagai flux, sebagaimana sifat borax yang diungkapkan oleh Parmelle, 1948 yaitu dapat menurunkan titik lebur. Sehingga semakin banyak oksida logam yang ditambahkan, maka semakin turun titik leburnya dan mengakibatkan glasir akan menutup pori-pori dengan baik dan menyebabkan benda semakin kuat.

Hubungan antara modulus patah dengan penambahan oksida logam sebagai pewarna glasir dinyatakan dengan persamaan :

$$M = -537500x^4 + 156750x^3 - 16191x^2 - 710,68x + 46,161$$

dengan nilai $R^2 = 1$

(untuk oksida logam $\text{Cr}(\text{OH})_3$)

$$M = -2.10^6x^4 + 324167x^3 - 22412x^2 + 666,88x + 54,42$$

dengan nilai $R^2 = 1$

(untuk oksida logam $\text{Fe}(\text{OH})_2$)

$$M = -2.10^7x^4 + 4.10^6x^3 - 321378x^2 + 11111x - 82,939$$

dengan nilai $R^2 = 1$

(untuk oksida logam campuran $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_2$).

Dengan catatan bahwa M = modulus patah dan x = prosentase penambahan oksida logam.

b. Daya Serap

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa kecenderungan penurunan daya serap dengan kenaikan penambahan oksida logam. Hal ini disebabkan semakin banyak oksida logam yang ditambahkan maka akan semakin turun titik leburnya (seperti yang diungkapkan oleh Parmelle, 1948 dalam sifat borax), sehingga mengakibatkan bahan yang diberi pewarna glasir yang ditambahkan oksida logam akan tertutup pori-porinya dengan sempurna, maka daya serap benda akan menurun.

Hubungan antara daya serap dengan penambahan oksida logam sebagai pewarna glasir dinyatakan dengan persamaan :

$$S = -2.10^6x^4 + 391667x^3 - 26292x^2 + 735,83x - 5,3$$

dengan nilai $R^2 = 1$

(untuk oksida logam $\text{Cr}(\text{OH})_3$)

$$S = -5.10^6x^4 + 1.10^6x^3 - 77000x^2 + 2421,7x - 25,3$$

dengan nilai $R^2 = 1$

(untuk oksida logam $\text{Fe}(\text{OH})_2$)

$$S = 4.10^6x^4 - 8.10^5x^3 + 55083x^2 - 1615x + 19$$

dengan nilai $R^2 = 1$

(untuk oksida logam campuran $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_2$).

Dengan catatan bahwa S = daya serap dan x = prosentase penambahan oksida logam.

c. Warna dan Kenampakan Glasir

Penambahan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ pada glasir menghasilkan warna coklat. Semakin banyak penambahan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ warna coklat yang dihasilkan akan semakin tua dan warna coklat tersebut didapatkan hasil optimal pada penambahan 6% $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Pada penambahan 7% $\text{Fe}(\text{OH})_2$ terdapat warna agak perak dari warna coklat yang dihasilkan, hal ini disebabkan penambahan oksida logam terlalu banyak sehingga merusak warna yang dihasilkan.

Penambahan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ pada glasir menghasilkan warna hijau. Semakin banyak penambahan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ maka warna hijau yang dihasilkan akan semakin tua. Penelitian ini menghasilkan warna hijau yang optimal pada penambahan 7% $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Penambahan campuran $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dengan perbandingan 1:1 pada glasir menghasilkan warna hijau kekuningan. Pada penambahan 3% campuran $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ didapatkan warna hijau kekuningan yang lebih terang. Semakin banyak penambahan campuran, maka akan didapatkan warna semakin hijau, tetapi warna hijaunya berbeda dengan warna hijau glasir dengan penambahan oksida logam $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

KESIMPULAN (DAN SARAN)

Semakin besar penambahan oksida logam dalam pewarna glasir, maka modulus patah bahan semakin besar dan daya serap bahan semakin kecil.

Semakin banyak oksida logam yang ditambahkan dalam pewarna glasir akan dihasilkan warna yang semakin tua.

Penelitian ini menghasilkan warna coklat yang optimal adalah pada penambahan 6% $\text{Fe}(\text{OH})_2$, warna hijau yang optimal pada penambahan 7% $\text{Cr}(\text{OH})_3$, dan warna hijau kekuningan yang paling baik pada penambahan 3% campuran $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew, A.I. 1928. *Ceramics Test and Calculation*. John Wiley and Sons Inc., New York, pp. 43-45.
- Norton, F.H. 1957. *Element of Ceramics, 2ed*. Addison Wesley Publishing Company Inc., Massachutes, pp. 171-201.
- Parmelle, C.W. 1948. *Ceramic Glazes*. Industrial Publication Inc., Chicago 3, Illinois, pp. 215-217.

- Razak, R.A. 1981. *Industri Keramik*. PN Balai Pustaka, Jakarta, hal. 183-196.
- Said, N.I. 2006. *Pengolahan Air Limbah Industri Pelapisan Logam*. Kumpulan Artikel Kelompok Teknologi Pengolahan Air Bersih dan Limbah Cair. BPPT, Jakarta.
- Marwati, Siti. 2007. *Kajian tentang Pengolahan Limbah Cair Elektroplating secara Sedimentasi dan Koagulasi di Sentra Kerajinan Perak Kotagede*. Prosiding Seminar Nasional Kimia, FMIPA UNY, Yogyakarta, hal. 75-82.
- Van Vlack, L.H. 1994. *Ilmu dan Teknologi Bahan, 5ed*. Penerbit Erlangga, Jakarta, hal. 485-486.

