



## PENURUNAN $\text{Cu}^{2+}$ PADA LIMBAH INDUSTRI ELEKTROPLATING MENGGUNAKAN LIMBAH BESI DAN KAPUR

Budi Prasetyo\*), Sri Mantini Rahayu Setyodewi, dan Latifah

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Agustus 2012  
Disetujui September 2012  
Dipublikasikan November 2012

Kata kunci:  
Elektroplating  
Penurunan  $\text{Cu}^{2+}$   
Koagulasi  
Limbah besi  
kapur

### Abstrak

Industri elektroplating merupakan salah satu industri yang menghasilkan berbagai macam limbah. Salah satu diantaranya adalah limbah cair tembaga yang digunakan sebagai bahan baku pelapisan logam. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk menurunkan kadar limbah cair tembaga menggunakan limbah besi dan kapur melalui proses koagulasi-flokulasi. Parameter yang diteliti meliputi persentase larutan kapur optimum, pH dan waktu pengadukan optimum. Variabel penelitian yang digunakan larutan kapur 0, 5 %, 10 %, 20 % dan 30 % dengan penambahan 5 gr limbah besi, kemudian pH limbah antara 1-5 dilanjutkan waktu pengadukan yaitu 20, 40, 60, 80 dan 90 menit. Hasil akhir filtrat tembaga kemudian diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan  $\lambda = 324,8$  nm. Dari hasil penelitian diperoleh kondisi optimum pengumpulan limbah  $\text{Cu}^{2+}$  ditambahkan larutan kapur 30%, terjadi pada pH 4 dan lama waktu pengadukan 80 menit dapat menurunkan kadar ion tembaga sebesar 96,67 %.

### Abstract

Electroplating industry is one industry that produces kinds of waste. Wich one of the hazardous waste are liquid copper waste. Iron waste is used as a coagulant. This research was done to reduce concentration of copper effluent using waste iron and calcium oxide by coagulation-flocculation process. The purpose of this research is to determine the optimum percentage of calcium oxide, pH, and mixing time on the decreased lconcentration of copper waste. The variables used are calcium oxide solution with consentration 0.5%, 10%, 20%, and 30% with the addition of iron waste 5gr, and regulation of acidity at pH 1-5, followed by stirring at 20, 40, 60, 80 and 90 minutes. The finaly copper filtrate was measured absorbance used Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) at  $\lambda = 324$  nm. The research was obtained under optimum conditions aggregate Cu waste at a concentration of calcium oxide by 30%, at pH 4 and stirring time at 80 minutes with decreased concentration of 96.67% copper waste.

## Pendahuluan

Industri elektroplating merupakan industri yang menghasilkan beberapa macam limbah cair. Salah satu limbah cair yang dihasilkan dari industri elektroplating adalah limbah cair tembaga. Limbah cair tembaga didapat dari proses pelapisan dengan larutan tembaga. Limbah cair tembaga termasuk limbah (B3) bila masuk dalam organisme dapat menyebabkan berbagai macam penyakit antara lain kerusakan pada otak, penurunan kerja ginjal, kornea mata, rambut yang kaku dan berwarna kemerahan Sugiarto., (2003).

Berbagai macam usaha telah dilakukan untuk mengurangi konsentrasi logam tembaga di lingkungan salah satunya dengan proses koagulasi. Pada prinsipnya proses koagulasi merupakan penggumpalkan partikel-partikel koloid dan zat-zat organik yang tersuspensi. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi antara lain konsentrasi koagulan, waktu pengadukan, pH limbah dan temperatur saat terjadi koagulasi. Koagulan yang digunakan dalam proses pengolahan limbah dapat berupa koagulan alami atau koagulan sintesis. Beberapa jenis koagulan kimia yang sering dipakai ferrosulfat, kapur, tawas, PAC, ferrisulfat dan lain-lain Poeji dkk., (2009).

Limbah besi yang digunakan berbentuk serbuk yang berasal dari proses pengamplasan pada proses industri pelapisan logam. Limbah besi berfungsi sebagai sumber ion ferro. Limbah besi apabila ditambahkan  $H_2SO_4$  akan membentuk ferrosulfat, yang akan digunakan sebagai koagulan. Ferrosulfat inilah yang dapat dipakai untuk menurunkan limbah cair tembaga. Asam kuat yang ditambahkan akan berfungsi ganda, yaitu melepas elektron dan sebagai pengatur pH. Limbah besi diusahakan tidak terlalu keras teksturnya, sehingga pelepasan Fe(II) dapat berlangsung dengan mudah Sedyawati dan Triastuti., (2009).

Pada dasarnya besi dalam air dalam bentuk ferro ( $Fe^{2+}$ ) dan ferri ( $Fe^{3+}$ ), hal ini bergantung pada pH dan oksigen yang terlarut dalam air. Pada pH netral dan adanya oksigen terlarut yang cukup, maka ion ferro yang terlarut dapat terionisasi menjadi ferri dan selanjutnya terbentuk endapan ferrihidroksida yang sukar larut, berupa hablur (*presipitat*) yang biasanya berwarna kuning kecoklatan, oleh karena pada kondisi asam dan aerobik bentuk ferolah yang larut dalam air Joko., (2010).

Penelitian yang dilakukan oleh Purwiyati.,

(2005) menggunakan koagulan besi (III) sulfat, menurunkan zat warna tekstil sebesar 300 ppm pada pH optimum 2 dan waktu koagulasi 5 menit. Selanjutnya penelitian Wahyuni., (2007) menggunakan besi (III) sulfat, untuk menurunkan limbah Cr pada limbah industri kulit sebesar 99,88% pada pH optimum 6 dan massa besi (III) sulfat 0,4 gram. Penelitian yang dilakukan Hariani dkk (2009) telah meneliti tentang penurunan konsentrasi Cr(VI) dalam air menggunakan koagulan  $FeSO_4$  dengan waktu 60 menit dapat menurunkan ion Cr(VI) 80%. Laporan penelitian yang dilakukan oleh Sedyawati dan Triastuti., (2009) menunjukkan, penurunan konsentrasi Cr(IV) menjadi Cr(III) terjadi pada pH optimum 2 dengan waktu reduksi 30 menit mencapai 0,0406 ppm atau 99,89%. Berdasarkan hal tersebut peneliti ingin mengetahui pengaruh penggunaan limbah besi sebagai koagulan untuk menurunkan kadar limbah tembaga dari industri elektroplating.

## Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Kimia Analitik dan Organik, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pH meter Orion *Research Digital* dengan ketelitian 2 digit, neraca *analitik Mettler AE 200* dengan ketelitian 0,1 mg, magnetik stirrer *Merk Cimarec 2 Thermolyne*, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) *Merk Perkin Elmer Model Analyst 100*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  pa buatan *E.Merck*, CaO (kapur tohor) pa buatan *E.Merck*,  $H_2SO_4$  0,1 M pa buatan *E.Merck*, aquademin.

Dalam penelitian ini limbah cair tembaga dianalisis menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) menggunakan metode kurva kalibrasi. Langkah pertama timbang 4,086 gram  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , kemudian dilarutkan dengan aquademin sebanyak 1000 mL. Setelah itu larutan induk  $Cu^{2+}$  1000 ppm dipipet 1 mL, lalu diencerkan 1000 mL. Konsentrasi dibuat variasi yaitu 0; 0,01; 0,1; 0,2; 0,3 ppm lalu diencerkan lagi dengan aquademin 10 mL. Setelah itu dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), dibuat kurva kalibrasi tembaga.

Sampel limbah cair tembaga diperoleh dari industri elektroplating di Pati. Sebanyak 100 mL limbah cair tembaga diukur pH terlebih dahulu, lalu diencerkan sampai 500 kali. Kemudian

dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) untuk memperoleh kadar  $\text{Cu}^{2+}$  dalam limbah.

Pengaruh penggunaan kapur berpengaruh besar terhadap proses koagulasi. Ke dalam 5 gelas kimia 250 mL dimasukkan masing-masing 100 mL limbah cair tembaga, gelas piala tersebut ditambahkan 5 gram limbah besi dan larutan kapur 0, 5%, 10%, 20%, 30%. Kemudian diaduk dengan Magnetik Stirer pada kecepatan 40 rpm selama 30 menit. Larutan diputar dengan alat sentrifuge dan filtrat diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Selanjutnya ke dalam 5 gelas kimia 250 mL dimasukkan masing-masing 100 mL limbah cair tembaga. Kemudian diatur pH yang diinginkan (pH 1,2,3,4,5) dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 M. Gelas kimia tersebut ditambahkan 5 gram limbah besi dan persentase larutan kapur optimum, kemudian diaduk dengan Magnetik Stirer pada kecepatan 40 rpm selama 30 menit. Larutan diputar dengan alat sentrifuge dan filtrat diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

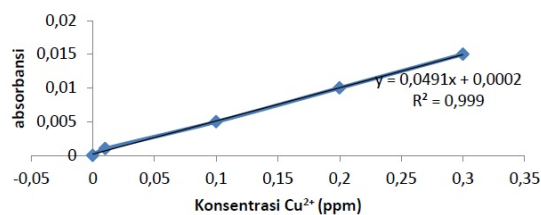
Setelah di dapat pH optimum dilanjutkan mencari waktu pengadukan optimum. Ke dalam 5 gelas kimia 250 mL dimasukkan masing-masing 100 mL limbah cair tembaga, dengan pH optimum dan persentase larutan kapur optimum. Kemudian masing-masing gelas ditambahkan 5 gram limbah besi, lalu diaduk dengan Magnetik Stirrer dengan kecepatan 40 rpm selama 20, 40, 60, 80 dan 90 menit. Larutan selanjutnya diputar dengan alat sentrifuge dan filtratnya diukur dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

### Hasil dan Pembahasan

Dalam menentukan besarnya kandungan logam perlu dibuat kurva kalibrasi terlebih dahulu dengan cara membuat larutan tembaga dalam berbagai konsentrasi dimulai dari 0; 0,01; 0,1; 0,2; 0,3 ppm dengan panjang gelombang 324,8 nm. Setelah diuji dengan spektrofotometer serapan atom (SSA), diperoleh absorbansinya sehingga dapat dibuat grafik hubungan antara absorbansi dan konsentrasi tembaga standar.

Berdasarkan Gambar 1. dapat dilihat kurva kalibrasi  $\text{Cu}^{2+}$  mempunyai persamaan regresi linier adalah  $Y = 0,049 x + 0,0002$  dengan  $R^2 = 0,999$ . Persamaan ini dipakai untuk mengkonversi harga absorbansi hasil penelitian

menjadi konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  akhir.



**Gambar 1.** Kurva kalibrasi tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ )

Limbah cair tembaga yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari industri elektroplating. Berdasarkan uji pendahuluan yang dilakukan peneliti terhadap limbah cair tembaga dapat dipaparkan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 1.** Karakteristik limbah cair tembaga dari industri elektroplating

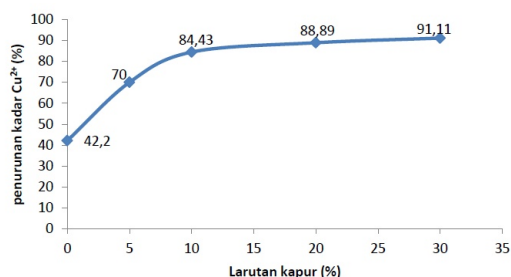
No	Parameter	Hasil	Alat uji
1	Warna	Biru	Visual
2	pH	4	Indikator pH
3	Kadar limbah tembaga	46,84 ppm	SSA

Limbah cair tembaga dari industri elektroplating di daerah Juana ini berwarna biru, mempunyai pH 4 dengan kadar tembaga sebesar 46,84 ppm. Berdasarkan peraturan daerah provinsi Jawa Tengah No.10 Tahun 2004 tentang baku mutu air limbah untuk parameter logam tembaga dengan kadar maksimum yaitu 0,6 mg/L. Limbah cair tembaga termasuk limbah (B3) bila tidak diolah terlebih dahulu dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan berbagai macam penyakit.

Massa merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses koagulasi. Tujuan koagulasi dalam pengolahan limbah cair tembaga dari industri elektroplating adalah untuk mendestabilisasi kontaminan yang tersuspensi, membentuk flok yang menggumpal. Koagulan yang dipakai dalam penelitian ini adalah limbah besi dan kapur. Fungsi limbah besi sebagai sumber ion ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) sedangkan kapur tujuannya membentuk flok-flok yang banyak dan besar sehingga dapat dipisahkan dengan mudah.

Berdasarkan Gambar 2. dapat dilihat persentase larutan kapur optimum sebesar 30 %, dapat menurunkan kadar ion tembaga sebesar 91,11 %. Partikel koloid umumnya bermuatan negatif, karena adanya pengaruh muatan negatif tersebut, ion-ion positif yang terdapat pada air limbah tembaga akan tertarik ke sekeliling

partikel koloid. Adanya gaya tolak-menolak antar partikel koloid, membuat partikel koloid menjadi stabil.



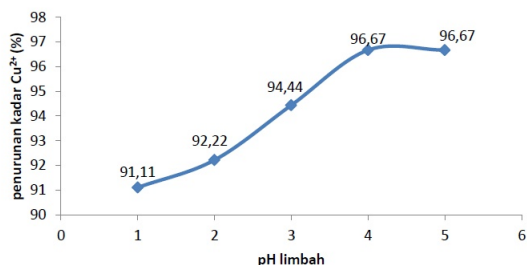
**Gambar 2.** Grafik hubungan antara persentase larutan kapur dengan persen penurunan kadar Cu<sup>2+</sup>

Ketika koagulan ditambahkan, koagulan tersebut akan terionisasi di dalam air. Ion-ion inilah yang akan kemudian akan mengurangi gaya potensial elektrostatis yang ada. Hal ini dimungkinkan ion-ion tersebut akan mengkompresi, sehingga gaya van der Waals menjadi lebih dominan dibanding potensial elektrostatis. Karena gaya yang ditimbulkan oleh potensial elektrostatis semakin melemah, maka ion aquometalik yang memiliki afinitas akan teradsorpsi ke permukaan koloid sehingga proses destabilisasi mudah terjadi. Setelah proses destabilisasi terjadi partikel koloid menghilang sehingga kontak antar partikel koloid satu dengan yang lain dapat terjadi. Semakin banyak jumlah koagulan yang ditambahkan, maka banyaknya tembaga yang terlarut dapat terkoagulasi dengan baik sehingga konsentrasi tembaga terlarut sisa semakin sedikit. Flok yang terbentuk semakin banyak dan besar menyebabkan persen keefektifan menjadi meningkat.

Derajat keasaman atau pH mempunyai pengaruh yang besar terhadap proses koagulasi. Semakin besar pH maka kadar suatu logam dalam limbah setelah proses koagulasi semakin kecil atau sebaliknya. Koagulasi dapat berlangsung optimum atau minimum pada kondisi pH tertentu.

Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui pH optimum 4, pada kondisi ini ion tembaga cenderung terkoagulasi dengan baik dengan penurunan kadar sebesar 96,66 %. Limbah Cu<sup>2+</sup> bersifat asam karena proses yang digunakan untuk pelapisan dengan logam tembaga menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Setelah itu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang terkandung dalam limbah tembaga bereaksi dengan limbah besi membentuk FeSO<sub>4</sub> (karena

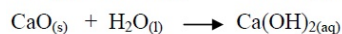
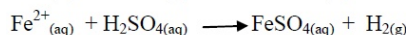
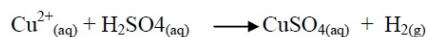
besi dapat larut dalam asam dengan konsentrasi rendah). Setelah itu FeSO<sub>4</sub> bereaksi dengan Ca(OH)<sub>2</sub> membentuk flok-flok Fe(OH)<sub>2</sub> dan CaSO<sub>4</sub> (endapan putih).



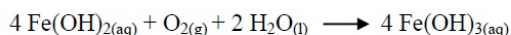
**Gambar 3.** Grafik hubungan antara pH dengan persen penurunan kadar Cu<sup>2+</sup>

Flok Fe(OH)<sub>2</sub> tidak akan terjadi, bila tidak ada penambahan kapur. Tujuan penambahan kapur untuk membentuk flok-flok yang banyak dan besar sehingga dapat dipisahkan dengan mudah. Selanjutnya flok yang terbentuk akan mengikat limbah tembaga, sehingga flok akan mempunyai kecenderungan menggumpal. Flok yang telah mengikat Cu<sup>2+</sup> tersebut akan menggumpal dan kemudian dipisahkan dari larutannya.

Reaksi-reaksinya sebagai berikut:

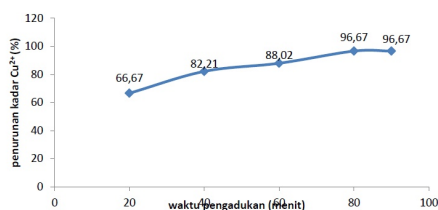


Karena reaksi dalam keadaan terbuka, flok Fe(OH)<sub>2</sub> akan secara mudah teroksidasi menjadi Fe(OH)<sub>3</sub> oleh oksigen yang larut dalam air. Reaksinya sebagai berikut:



Waktu pengadukan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam proses koagulasi. Koagulasi dapat berlangsung optimum atau minimum tergantung pada kondisi waktu pengadukan tertentu

Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui waktu pengadukan optimum 80 menit dapat menurunkan kadar ion tembaga sebesar 96,67 %. Dalam hal ini pada proses koagulasi, waktu pengadukan dapat membuat dispersi koloid, menaikkan kontak antar partikel, merusak stabilitas sistem koloid, dan menaikkan jumlah ion aquometalik (flok). Kemudian flok-flok yang terbentuk semakin besar karena lama pengadukan dan mengalami penggumpalan.



**Gambar 4.** Grafik hubungan antara waktu pengadukan dengan persen penurunan kadar Cu<sup>2+</sup>

Semakin lama waktu pengadukan maka banyak tembaga terlarut, sehingga dapat dikoagulasi dengan baik. Hasil koagulasi Cu dengan FeSO<sub>4</sub> maupun kapur adalah flok Fe(OH)<sub>3</sub>. Selanjutnya flok yang terbentuk akan mengikat Cu<sup>2+</sup> yang ada dalam limbah, sehingga flok akan memiliki kecenderungan menggumpal. Jika waktu pengadukan semakin lama maka jumlah flok-flok yang dihasilkan semakin banyak dan besar. Maka semakin banyak pula flok-flok Fe(OH)<sub>3</sub> yang terbentuk dan sempurna.

#### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut. Kondisi optimum penurunan Cu<sup>2+</sup> pada limbah industri elektroplating ditambahkan kapur sebanyak 30 %, dengan Potensial Hidrogen (pH) 4 dan lama waktu pengadukan 80 menit dapat menurunkan kadar Cu<sup>2+</sup> sebesar 96,67 %.

#### Daftar Pustaka

- Hariani P. L., N. Hidayah, & M. Oktaria. 2009. *Penurunan Konsentrasi Cr(VI) Dalam Air Dengan Koagulan FeSO<sub>4</sub>. Vol 12 (2)*. Sumatra Selatan: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
- Joko, Tri. 2010. *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Poedji, Nurlisa dan Oktaria Melly. 2009. *Penurunan Konsentrasi Cr(VI) Dalam Air Dengan Koagulan FeSO<sub>4</sub>*. Sumatra Selatan: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
- Purwiyati, Evi. 2005. *Pengaruh Penggunaan Ferri Sulfat (Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) Sebagai Koagulan Pada Adsorpsi Zat Warna Tekstil Solophenyl Turauoise Blue oleh Biopolimer Kitosan*. Semarang: FMIPA UNDIK.
- Sedyawati, S.M.R dan Triastuti S, 2009. *Prototipe Unit Pengolahan Limbah Cair Sebagai Teknik Pengolahan Limbah Krom Heksavalen Menjadi Krom Trivalen Menggunakan Limbah Besi Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam*. Semarang: FMIPA UNNES.
- Sugiarto. 2003. *Kimia Anorganik II (edisi revisi)*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wahyuni, Tri Yuliana. 2007. *Pengaruh Penggunaan Ferri Sulfat Sebagai Koagulan untuk Pengolahan Limbah Industri Kulit dengan Adsorben Zeolit Alam*. Semarang: FMIPA UNNES.