



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA III

"Teori dan Aplikasi Sains dalam Isu Globalisasi Lingkungan, Profesionalisasi Pembelajaran dan Kewirausahaan"

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS

Surakarta, 7 Mei 2011



MAKALAH PENDAMPING

**Bidang : Kimia
(Kode : D-16)**

ISBN : 978-979-1533-85-0

PENGUNAAN METODE ELEKTROKOAGULASI PADA PENURUNAN KADAR LOGAM BERAT Cu DALAM AIR LIMBAH PABRIK TEKSTIL

Budi Utami¹⁾, Suryadi Budi Utomo¹⁾, Esti Utami²⁾

1 Staf Pengajar Prodi Pendidikan Kimia, PMIPA, FKIP, UNS, Surakarta

2. Prodi Pendidikan Kimia, PMIPA, FKIP, UNS, Surakarta

* bu_uut@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menentukan kondisi pH yang dapat menurunkan kadar logam Cu dalam larutan menggunakan metode elektrokoagulasi secara maksimal, (2) menentukan waktu elektrolisis optimum yang digunakan untuk menurunkan kadar logam Cu dalam larutan, (3) mengetahui pengaruh tegangan listrik terhadap penurunan kadar logam Cu dalam larutan menggunakan metode elektrokoagulasi, (4) mengetahui pengaruh penggunaan metode elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar logam Cu pada limbah cair industri tekstil dengan cara mengontakkan air limbah terhadap semua parameter yang berpengaruh pada kondisi operasi optimum. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium. Persiapan sampel dilakukan dengan mendestruksi limbah cair pabrik tekstil menggunakan larutan HNO₃ pekat. Uji pendahuluan dilakukan menggunakan larutan Cu(NO₃)₂ terhadap semua parameter untuk mencari kondisi operasi optimum menggunakan metode elektrokoagulasi. Parameter yang diujicobakan meliputi pH, waktu elektrolisis, tegangan listrik, dan kombinasi jenis elektroda. Analisa kuantitatif dilakukan menggunakan *Atomic Absorbtion Spectroscopy* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi operasi optimum, penggunaan metode elektrokoagulasi memiliki pengaruh yang besar dalam menurunkan kadar logam Cu pada air limbah pabrik tekstil yaitu dengan presentase penurunan sebesar 99,2%. Kondisi Operasi Optimum terjadi pada pH 9, waktu elektrolisis 60 menit, tegangan listrik 12 V.

Kata Kunci: *Elektrokoagulasi, logam Cu, limbah tekstil*

PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi di Indonesia menitikberatkan pada pembangunan sektor industri. Di satu sisi, pembangunan akan meningkatkan kualitas hidup manusia dengan meningkatnya pendapatan masyarakat. Di sisi lain, pembangunan juga bisa menurunkan kesehatan masyarakat karena dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu penyebab terjadinya pencemaran tersebut adalah banyaknya air limbah yang dibuang tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu atau sudah diolah tetapi belum memenuhi persyaratan. Hal ini

dimungkinkan karena adanya keengganan mengolah air limbah, disamping itu belum tersedianya sebuah teknologi pengolah air limbah yang mudah dan efisien sehingga dapat diterapkan di sebuah industri (Aris Mukimin, 2006: 1).

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap pertumbuhan ekonomi nasional. Sumber limbah industri tekstil berasal dari proses *finishing, dyeing, printing*, dan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Penyebab utama pencemaran pabrik tekstil berupa logam berat,

terutama unsur As, Pb, Cu, Cd, Zn dan hidrokarbon terhalogenasi yang berasal dari proses *cleaning* dan *finishing* (Wahyu Widowati, dkk, 2008: 192).

Limbah industri tekstil yang banyak mengandung logam berat menyebabkan masalah bagi lingkungan. Sebagai contoh konkret adalah pencemaran yang disebabkan oleh pabrik tekstil Sekar Bengawan, yang beralamat di Jalan Raya Karanganyar-Sragen km.17. Saluran buangan limbah cair pabrik tersebut berhubungan langsung dengan sungai tanpa ada pengolahan terlebih dahulu sehingga berbahaya bagi lingkungan sekitar.

Tembaga (Cu) adalah salah satu logam berat yang banyak digunakan dalam aktivitas manusia. Tembaga banyak digunakan dalam pewarna tekstil, bahan pembuatan peralatan dapur, dan katalisator dalam industri kimia. Cu merupakan logam berat esensial yaitu dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme dan dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek toksik. Tembaga bersifat racun terhadap semua tumbuhan pada konsentrasi larutan di atas 0,1 ppm. Konsentrasi yang aman bagi air minum manusia tidak lebih dari 1 ppm. Kadar baku mutu logam berat pada ikan untuk Cu sebesar 0,02 ppm (Achmad Rukaesih, 2004: 15).

Dalam tubuh manusia keracunan Cu dapat menimbulkan kerusakan otak, demielinasi, penurunan fungsi ginjal, dan pengendapan Cu dalam kornea mata. Keracunan kronis Cu pada manusia dapat menimbulkan penyakit Wilson's dan Kinsky. Penyakit Wilson's disebabkan oleh tersimpannya Cu secara berlebihan dalam tubuh karena Cu tidak dapat direaksikan oleh hati melalui empedu. Penyakit ini dapat menyebabkan kerusakan otak dan hati. Penyakit Kinsky disebabkan karena kadar Cu pada hati dan otak rendah sementara kadar Cu pada jaringan lain

sangat tinggi. Cu juga tidak bisa diuraikan di alam sehingga Cu akan diakumulasi di dalam tanaman dan hewan melalui tanah. Tanah yang kaya Cu berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme tanah dan cacing tanah serta menyebabkan dekomposisi senyawa organik sehingga mengurangi kesuburan tanah (Wahyu Widowati, dkk, 2008: 200).

Mengingat bahaya yang ditimbulkan oleh logam Cu terhadap makhluk hidup tersebut, maka keberadaannya di lingkungan perairan harus dikurangi. Namun yang harus diperhatikan di sini adalah mencari metode pengolahan limbah yang tidak menimbulkan beban pencemaran baru. Beberapa metode yang sering digunakan seperti sedimentasi, netralisasi, filtrasi, dan teknologi adsorpsi- absorpsi umumnya masih meninggalkan beban zat pencemar lingkungan dan padatan dalam jumlah besar sehingga diperlukan tambahan biaya untuk pengolahan lebih lanjut (Windasari, 2008: 11).

Salah satu alternatif yang dapat ditawarkan di sini adalah metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda Aluminium dan Besi serta kombinasi kedua logam tersebut. Elektrokoagulasi sendiri merupakan proses koagulasi atau penggumpalan dengan tenaga listrik melalui proses elektrolisis untuk mengurangi atau menurunkan ion-ion logam dan partikel-partikel di dalam air. Prinsip dasar dari elektrokoagulasi adalah reaksi reduksi-oksidasi (redoks), di mana akan terjadi pelepasan ion Al^{3+} dari plat elektroda (anoda) sehingga membentuk flok $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam larutan. Metode elektrokoagulasi memiliki beberapa kelebihan yaitu peralatan sederhana, mudah dalam pengoperasian, waktu reaksi singkat, dan hanya menghasilkan padatan dalam jumlah sedikit. Di samping itu, selama proses elektrokoagulasi

kandungan garam tidak bertambah secara signifikan.

Penelitian yang akan dilakukan ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Sunardi (2007) tentang pengolahan limbah cair yang mengandung logam berat Pb dan *Total Suspended Solid* (TSS) berdasarkan pengaruh kecepatan alir dan tegangan listrik. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Sunardi tersebut maka peneliti mencoba mengembangkan metode elektrokoagulasi untuk menurunkan kadar logam Cu dalam larutan maupun air limbah pabrik tekstil. Dengan asumsi bahwa penggunaan metode elektrokoagulasi dalam menurunkan kandungan logam Cu pada larutan skala laboratorium dapat diaplikasikan untuk mengurangi kandungan logam Cu dalam air limbah pabrik tekstil, maka perlu dilakukan pengkajian proses melalui percobaan dan pengujian terhadap parameter yang berpengaruh.

Rumusan permasalahan penelitian ini adalah:

1. Berapakah pH yang dapat menurunkan kadar logam Cu dalam larutan menggunakan metode elektrokoagulasi secara maksimal?
2. Berapakah waktu elektrolisis optimum yang diperlukan untuk menurunkan kadar logam Cu dalam larutan?
3. Apakah besarnya tegangan listrik berpengaruh terhadap penurunan kadar logam Cu dalam larutan menggunakan metode elektrokoagulasi?
4. Apakah penggunaan metode elektrokoagulasi berpengaruh terhadap penurunan kadar logam Cu pada air limbah pabrik tekstil Sekar Bengawan?

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menentukan kondisi pH yang dapat menurunkan kadar logam Cu dalam larutan menggunakan metode elektrokoagulasi secara maksimal.
2. Menentukan waktu elektrolisis optimum yang digunakan untuk menurunkan kadar logam Cu dalam larutan.
3. Mengetahui pengaruh tegangan listrik terhadap penurunan kadar logam Cu dalam larutan menggunakan metode elektrokoagulasi.
4. Mengetahui pengaruh penggunaan metode elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar logam Cu pada limbah cair industri tekstil dengan cara mengontakkan air limbah terhadap semua parameter yang berpengaruh pada kondisi operasi optimum.

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Memberi informasi mengenai penggunaan metode elektrokoagulasi yang dapat menjadi pilihan metode pengolahan limbah cair alternatif dan mampu mendampingi metode-metode pengolahan lain yang telah dilaksanakan.
2. Memberikan solusi cara pengolahan limbah industri tekstil sebelum dibuang ke lingkungan dengan peralatan yang sederhana, mudah dalam pengoperasian, waktu reaksi singkat, dan hanya menghasilkan padatan dalam jumlah kecil yaitu menggunakan metode elektrokoagulasi.
3. Memberi informasi tentang kondisi pH, tegangan listrik, kombinasi jenis elektroda, dan waktu elektrolisis optimum dalam menurunkan kadar logam berat Cu pada air limbah pabrik tekstil Sekar Bengawan.

PROSEDUR PERCOBAAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium kimia, P. MIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta dan di sub laboratorium kimia, laboratorium pusat MIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) pada bulan Desember sampai Januari 2011. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah pabrik tekstil Sekar Bengawan di daerah Jalan Raya Karanganyar-Sragen Km 17, Karanganyar. Sampel di ambil dari saluran pembuangan limbah industri tekstil Sekar Bengawan, Jalan Raya Karanganyar-Sragen Km 17, pada bulan Desember 2010.

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen laboratorium yaitu dengan melakukan penelitian di laboratorium. Cara pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah purposive sampling karena sampel diambil berdasarkan tujuan tertentu. Alat-alat yang digunakan adalah labu ukur, timbangan analitik Model AA-250, pipet tetes, kertas saring Whatmen, gelas ukur, pencatat waktu, gelas beker, Spektrometer Serapan Atom (AAS), pengaduk, pH Meter, corong kaca, elektroda Al dan Fe, adaptor, penjepit buaya, tabung reaksi dan rak, kabel. Bahan-bahan yang digunakan adalah air limbah pabrik tekstil Sekar Bengawan Karanganyar, larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 100ppm, larutan HNO_3 0,1 M, 0,5 M, dan 1 M, larutan NaOH 1 M, larutan H_2SO_4 1M dan aquades.

Untuk bagan kerja dapat dilihat pada lampiran gambar 1 sampai gambar 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari rangkaian alat elektrolisis pada Gambar 5, di dalam reaktor (gelas beker) terdapat larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (sebagai larutan elektrolit) yang nantinya akan bereaksi dengan elektroda Aluminium sehingga akan terjadi reaksi di kedua elektroda sebagai berikut:

1. Reaksi di katoda :

Pada katoda, ion Al^{3+} tidak direduksi karena $E^{\circ}_{\text{red}} \text{Al}^{3+} < E^{\circ}_{\text{red}} \text{H}_2\text{O}$, sehingga akan terjadi reaksi reduksi dari air dan akan menghasilkan gas H_2 dan ion hidroksi.

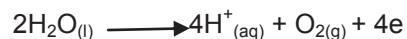


Ion-ion logam akan tereduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang elektroda.



2. Reaksi di anoda :

Pada anoda terjadi reaksi oksidasi. Larutan sisa asam oksida (NO_3^-) tidak dapat dioksidasi karena $E^{\circ}_{\text{oks}} \text{H}_2\text{O} > E^{\circ}_{\text{oks}} \text{NO}_3^-$, yang teroksidasi adalah H_2O



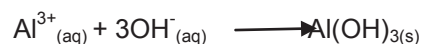
Logam aluminium akan beroksidasi membentuk ion logam sebagai berikut :



Apabila kedua reaksi yang terjadi di anoda dan katoda dijumlahkan menjadi :



Gas O_2 yang dihasilkan di anoda serta gas H_2 yang dihasilkan di katoda tersebut nantinya akan berperan dalam mengangkat kontaminan dalam larutan ke atas permukaan reaktor, yang biasanya disebut dengan proses flotasi. Berdasarkan reaksi di atas maka akan terjadi pelepasan ion Al^{3+} dari plat elektroda (anoda). Ion Al^{3+} hasil oksidasi akan bereaksi dengan ion hidroksi dari katoda membentuk endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ sesuai reaksi dibawah ini :



Selanjutnya $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang terbentuk ini akan bereaksi dengan logam Cu membentuk flok yang tidak larut sehingga memiliki kecenderungan untuk mengendap. Karena dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gas seperti H_2 maka gas tersebut akan naik ke atas permukaan dan kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada

dalam air juga akan ikut ke atas permukaan air. Flok-flok yang telah mengikat logam Cu tersebut lama kelamaan bertambah besar ukurannya dan cenderung mengendap. Selanjutnya dilakukan penyaringan/filtrasi untuk memisahkan kotoran-kotoran tersebut.

1. Penentuan pH optimum elektrokoagulasi larutan Cu(NO₃)₂

Kontribusi pH pada penurunan polutan logam berat adalah pada ketersediaan ion hidroksi (OH⁻). Keasaman larutan mempunyai pengaruh terhadap kemudahan pembebasan Hidrogen. Dari hasil percobaan yang ditunjukkan dalam Tabel 1, dapat dilihat bahwa penurunan kadar logam Cu maksimum terjadi pada kondisi pH 9, yaitu pada kondisi keasaman yang rendah (kondisi basa) dengan penurunan konsenrasi sebesar 3,47 ppm dan presentase penurunan kadar logam Cu sebesar 99,3%. Hal ini disebabkan karena spesiesi dari logam Cu yang dapat mengendap pada kondisi basa sehingga pada kondisi pH tersebut presentase penurunan konsentrasi logam Cu dalam larutan semakin besar. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, Kep 51-/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri menuliskan bahwa pH limbah hasil industri dinyatakan aman pada kisaran 6-9. Jadi hasil penelitian masih memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri.

2. Penentuan waktu kontak (elektrolisis) optimum larutan Cu(NO₃)₂

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa logam Cu memiliki waktu elektrolisis optimum 60 menit. Besarnya penurunan koonsentrasi logam sebanyak 1,68 ppm dengan presentase penurunan kadar logam Cu sebesar 48,1%.

3. Pengaruh tegangan listrik terhadap penurunan kadar logam Cu pada elektrokoagulasi larutan Cu(NO₃)₂

Semakin besar tegangan listrik yang diberikan maka arus yang mengalir juga akan semakin besar, hal ini dapat dilihat pada Tabel 3. Arus tersebut digunakan oleh elektroda (anoda) untuk melarutkan Alumunium ke dalam larutan yang kemudian bereaksi dengan ion hidroksi (dari katoda) membentuk aluminium hidroksi. Hidroksi mengflokulasi dan mengkoagulasi partikel tersuspensi termasuk logam berat seperti Cu. Sehingga dengan besarnya arus yang ada akibat kenaikan tegangan yang diberikan, flok yang terbentuk juga semakin banyak dan penurunan logam berat Cu semakin besar. Dari percobaan diperoleh penurunan kadar logam Cu terbesar pada tegangan 12 V, dengan besarnya presentase penurunan kadar logam Cu sebesar 38,4%.

4. Pengaruh penggunaan metode elektrokoagulasi dalam penurukan kadar Logam Cu pada air limbah pabrik tekstil Sekar Bengawan Karanganyar

Berdasarkan hasil analisis menggunakan AAS, Kandungan logam Cu dalam air limbah pabrik tekstil Sekar Bengawan Karanganyar sebesar 1,023 ppm dan beban pencemaran sebesar 0,069 mg/m³ air. Setelah diterapkan metode elektrokoagulasi, konsentrasi logam Cu berkurang menjadi 0,0084 ppm. Dari angka penurunan konsentrasi tersebut dapat dicari presentase penurunan kadar logam Cu dalam air limbah sebagai berikut :

$$\% \text{ Penurunan Kadar logam Cu} = \frac{C_b}{C_i} \times 100 \%$$

Di mana C_b=penurunan konsentrasi limbah

C_i= konsentrasi awal limbah

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan Kadar logam Cu} &= \frac{1,0146}{1,023} \times 100 \% \\ &= 99,2\% \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan metode elektrokoagulasi

berpengaruh besar terhadap penurunan kadar logam Cu pada air limbah pabrik tekstil.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada percobaan diperoleh pH optimum logam Cu dalam larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ sebesar 9.
2. Waktu elektrolisis optimum logam Cu dalam larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ pada konsentrasi 4 ppm adalah 60 menit dengan penurunan konsentrasi sebesar 1,68 ppm dan penurunan kadar logam Cu sebesar 48,1 %.
3. Tegangan listrik berpengaruh terhadap penurunan kadar logam Cu dalam larutan menggunakan metode elektrokoagulasi.
4. Penggunaan metode elektrokoagulasi berpengaruh besar terhadap penurunan kadar logam Cu pada air limbah pabrik tekstil Sekar Bengawan karena dapat menurunkan kadar logam Cu sebesar 99,2% dengan konsentrasi awal logam Cu dalam air limbah 1,023 ppm mengalami penurunan sebesar 1,015 ppm.

DAFTAR RUJUKAN

- Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Khopkar, S.M. 1987. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Erlangga.
- Mukimin, Aris. 2006. *Pengolahan Limbah Industri Berbasis Logam Dengan Teknologi Elektrokoagulasi Flotasi*. Semarang: UNDIP. www.eprints.undip.ac.id/15382/1/Aris_Mukimin.pdf. Diakses 10 Januari 2011.
- R.A Day and A.L Underwood. 1992. *Analisa Kimia Kuantitatif Edisi Ke -5*. Jakarta: Erlangga.
- Sunardi. 2007. *Pengaruh Tegangan Listrik dan Kecepatan Alir Terhadap Hasil*

Pengolahan limbah Cair Yang Mengandung Logam Pb, Cd, dan TSS Menggunakan Alat Elektrokoagulasi. Yogyakarta : ISSN 1978-0176. *Jurnal sttn-batan.ac.id/wp-content/.../44-sunardi-ptapb-441-446.pdf*. Diakses 27 Mei 2010.

Wahyu Widowati, dkk. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Windasari, Rina. 2008. *Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah Sebagai Adsorben Zat Warna Direct Blue 28*. <http://www.unnes.ac.id/pkm/adsorben.pdf>. Diakses pada tanggal 10 Juli 2010.

[Http://www.menlh.go.id/usaha kecil/](http://www.menlh.go.id/usaha%20kecil/)) diakses 12 Januari 2011.

TANYA JAWAB

Nama Penanya : **Suherman**

Nama Pemakalah : **Budi Utami**

Pertanyaan :

Berapa variasi waktu untuk menentukan waktu elektro koagulasi optimum untuk menurunkan kadar Cu dalam larutan?

Jawaban :

Variasi waktu yang digunakan adalah 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, dan 90 menit. Waktu optimum untuk menurunkan kadar logam Cu dalam larutan adalah 60 menit, dengan presentase penurunan kadar logam Cu sebesar 48,1%.

LAMPIRAN

Tabel 1

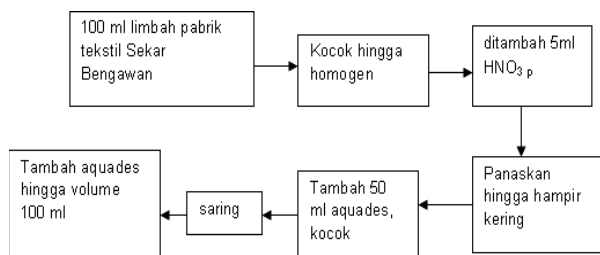
No	pH	Absorbansi	Ci (ppm)	Cf (ppm)	Cb (ppm)	Persentase penurunan kadar Cu
1	4	0,0049	3,50	0,0712	3,43	98,0
2	6	0,0045	3,50	0,0662	3,43	98,1
3	9	0,0012	3,50	0,0246	3,47	99,3

Tabel 2. Penurunan Kadar Logam Cu Pada Waktu Elektrolisis Bervariasi

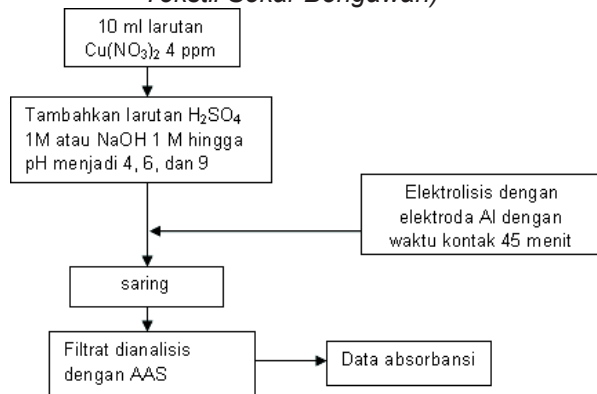
No	Waktu (menit)	Absorbansi	Ci (ppm)	Cf (ppm)	Cb (ppm)	Persentase penurunan kadar Cu
1	30	0,2033	3,50	2,57	0,926	26,5
2	45	0,1696	3,50	2,15	1,35	38,6
3	60	0,1435	3,50	1,82	1,68	48,1
4	75	0,1435	3,50	1,82	1,68	48,0
5	90	0,1436	3,50	1,82	1,68	48,0

Tabel 3. Pengaruh Tegangan Bervariasi Pada Penurunan Kadar logam Cu

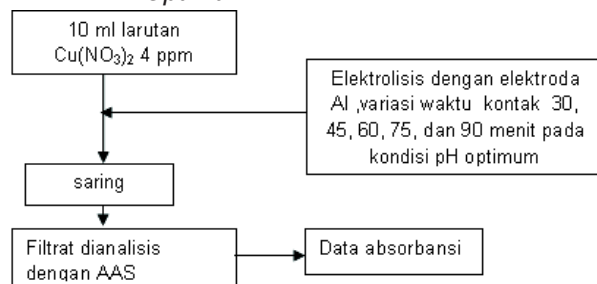
No	Tegangan (Volt)	Kadar Cu		Penurunan kadar Logam Cu (%)
		Sebelum elektrokoagulasi (ppm)	sesudah elektrokoagulasi (ppm)	
1	3	3,50	0,893	25,5
2	6	3,50	1,13	32,4
3	9	3,50	1,15	32,9
4	12	3,50	1,34	38,4



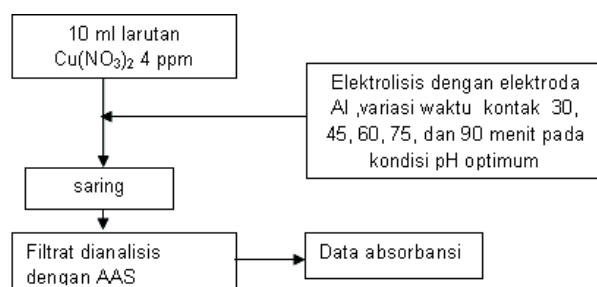
Gambar 1 Bagan Kerja Persiapan Sampel (Skema Kerja Destruksi Limbah Pabrik Tekstil Sekar Bengawan)



Gambar 2 Skema Kerja Elektrokoagulasi Larutan Cu(NO3)2 Dalam Penentuan pH Optimum



Gambar 3. Skema Kerja Elektrokoagulasi Larutan Cu(NO3)2 Dalam Penentuan Waktu Elektrolisis Optimum.



Gambar 4. Skema Kerja Elektrokoagulasi Larutan Cu(NO3)2 Dalam Menentukan Pengaruh Tegangan Listrik



Gambar 5. Rangkaian Alat Elektrolisis