

# **PENGARUH KUAT ARUS DAN TEGANGAN PADA PROSES ELEKTROLISIS UNTUK MENURUNKAN LOGAM BERAT Cu**

## **THE EFFECT OF CURRENT AND VOLTAGE TO REMOVE HEAVY METAL Cu USING ELECTROLYSIS PROCESS**

**Farid Triandarto<sup>1)</sup> dan Mas Agus Mardyanto<sup>1)</sup>**  
**<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS**  
**email: f\_tri@yahoo.com**

### **Abstrak**

Perkembangan industri yang semakin pesat, menyebabkan semakin meningkatnya produksi limbah, contohnya limbah industri logam berat tembaga (Cu) pada industri elektroplating. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif pengolahan limbah logam berat Cu dengan metode elektrolisis, yang diharapkan mempunyai efisiensi tinggi dan dengan metode yang sederhana. Penelitian ini dilakukan dalam proses batch selama 180 menit. Variasi kuat arus awal yang digunakan adalah 1 ampere, 3 ampere, dan 5 ampere. Sedangkan variasi tegangan yang digunakan sebesar 3 volt, 4,5 volt, dan 6 volt. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa proses elektrolisis dapat menurunkan konsentrasi logam berat Cu (tembaga). Semakin besar variasi kuat arus awal dan tegangan yang digunakan maka akan semakin besar efisiensi removal yang dihasilkan. Efisiensi yang dihasilkan pada proses elektrolisis ini ternyata cukup besar yaitu dalam waktu 180 menit, mampu meremoval Cu hingga 99,94 % untuk kuat arus awal 5 ampere dan tegangan 6 volt.

Kata kunci : kuat arus, proses elektrolisis, tegangan, tembaga (Cu)

### **Abstract**

One of the side effects of the fast growth of industries is the increase of waste products. For example, an electroplating industry produces wastes that contain heavy metals such as copper (Cu). The purpose of this research is to degrade the concentration of Cu using the electrolysis process. Two variables are utilized: the current and voltage of the electricity. The variations of current in this research are 1 ampere, 3 amperes, and 5 amperes. Meanwhile, the variations of voltage are 3 volts, 4,5volts, and 6 volts. This process is operated in a batch process for duration of 180 minutes or 3 hours. The results indicate that the electrolysis process can degrade the concentration of heavy metal, Cu, successfully. The greater the current and voltage used, the greater the concentration removal efficiency of Cu. The electrolysis process is able to remove the concentration of heavy metal Cu up to 99.94 % for duration of 180 minutes when the magnitude of the current is 5 amperes and the voltage is 6 volts.

Keywords : current, copper (Cu), electrolysis process, voltage

## **1. PENDAHULUAN**

Meningkatnya aktivitas manusia di dalam memperbaiki taraf hidupnya, membuat perkembangan pertumbuhan industri cenderung meningkat pula. Namun, hal ini dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan yang semakin besar. Hal ini disebabkan akibat kuantitas limbah yang dihasilkan juga akan meningkat. Apabila limbah tersebut tidak diolah dengan baik dan masuk ke dalam tata-nan lingkungan, maka dapat mencemari lingkungan tersebut dan berlanjut pada kerusakan kehidupan. Salah satu contohnya adalah pencemaran yang diakibatkan oleh adanya logam berat.

Perkembangan pertumbuhan industri di Indonesia dewasa ini cenderung untuk selalu meningkat dari tahun ke tahun, seiring dengan semakin berkembangnya industri tersebut. Hal ini menyebabkan semakin banyaknya permasalahan pencemaran lingkungan baik pencemaran air, tanah, maupun udara. Untuk itu perlu diupayakan pelestarian lingkungan secara berkesinambungan, salah satu diantaranya adalah mengadakan pengolahan limbah yang baik.

Sebagaimana diketahui bahwa industri-industri pelapisan logam (elektroplating), mobil, pupuk nitrogen dan fosfor, gelas, semen, penyamakan kulit, daging, dan industri baja dapat menghasilkan air limbah yang berwarna dan mengandung unsur-unsur logam. Jika limbah ini dibuang di badan air pe-

nerima tanpa pengolahan terlebih dahulu maka akan dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan dan dapat membahayakan makhluk hidup yang ada di dalamnya.

Selain kegiatan pertambangan, umumnya logam berat juga banyak dimanfaatkan oleh industri dalam proses produksinya, sehingga limbah yang dihasilkan oleh aktivitas-aktivitas tersebut juga akan mengandung bahan pencemar logam berat. Salah satu logam berat yang banyak dipakai adalah logam berat Cu (tembaga), yang digunakan pada industri elektroplating.

Menurut Darmono (1995) logam digolongkan sebagai logam berat (heavy metal) apabila memiliki berat 5 gr atau lebih tiap 1 cm<sup>3</sup>. Sedangkan menurut Palar (1994) logam berat diklasifikasikan menurut karakteristiknya, yaitu logam yang memiliki specific gravity lebih besar dari 4, memiliki nomor atom 22 sampai 34 dan 40 sampai 50, termasuk dalam unsur lantanida dan aktinida serta memiliki respon biokimia yang khas terhadap makhluk hidup.

Logam berat dalam klasifikasi limbah B3 termasuk katagori beracun (toksik) karena mengandung zat pencemar organik yang sulit diuraikan secara alami dan beracun bagi manusia dan lingkungan. Logam berat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu (Darmono, 1995) logam berat beracun dan logam berat esensial.

Logam berat beracun ini sama sekali tidak boleh masuk ke dalam tubuh makhluk hidup, karena dengan konsentrasi yang kecil sudah bersifat toksik misalnya Hg, Cd, Pb.

Logam berat esensial ini dibutuhkan oleh tubuh makhluk hidup dalam konsentrasi tertentu. Apabila kebutuhan dalam jumlah sangat kecil tidak terpenuhi maka akan berakibat fatal bagi kelangsungan hidup makhluk hidup. Akan tetapi apabila jumlahnya berlebih maka akan meracuni tubuh makhluk hidup misalnya Cu, Zn, Ni, Cr.

Logam berat Cu merupakan jenis logam berat esensial. Artinya logam berat Cu masih dibutuhkan oleh makhluk hidup apabila masih berada dalam jumlah yang kecil. Namun jika konsentrasinya melebihi ambang batas toleransi, maka logam berat Cu dapat bersifat racun bagi makhluk hidup dan lingkungan. Kandungan Cu yang ada dalam air

limbah yang dihasilkan, biasanya berada dalam jumlah yang cukup besar, sehingga perlu mendapat perhatian dalam pengolahannya.

Dalam keadaan normal, keberadaan Cu dalam perairan ditemukan dalam bentuk senyawa ion. Apabila terjadi peningkatan kelarutan batas Cu pada perairan yang melebihi ambang batas, maka akan terjadi peristiwa biokonsentrasi terhadap biota (Connel dan Miller, 1995).

Peristiwa biokonsentrasi dapat ditunjukkan dengan adanya akumulasi Cu dalam biota perairan. Hal ini disebabkan karena Cu yang dikonsumsi secara berlebihan tidak mampu diurai pada metabolisme biota perairan. Proses daur ulang yang terjadi di dalam sistem tatanan lingkungan perairan yang merupakan efek dari aktivitas biota perairan sangat berpengaruh pada peningkatan Cu dalam badan air.

Penanganan pengurangan kandungan logam dalam air dapat dilakukan dengan proses pemisahan dengan pengendapan dan penambahan bahan kimia serta pemakaian bahan *exchanger*.

Pada proses pemisahan yang pertama banyak memerlukan bahan kimia (koagulan) dan waktu pengendapan yang lama, sedangkan kandungan logam yang terendapkan relatif tidak banyak mengalami perubahan. Sedangkan pada proses pemisahan yang kedua memerlukan waktu yang relatif cepat dan hasilnya baik akan tetapi proses ini memerlukan peralatan kation *exchanger* yang mahal.

Cara-cara pengolahan logam berat Cu banyak yang memerlukan proses yang rumit dengan penambahan bahan-bahan kimia tertentu. Hal ini membuat pengolahan logam berat Cu selain membutuhkan biaya pengolahan yang tinggi, juga dapat menimbulkan limbah baru akibat penambahan bahan-bahan kimia tertentu didalam pengolahan tersebut.

Berdasarkan pemikiran tersebut maka perlu dikembangkan suatu teknik pengolahan sederhana untuk menurunkan kadar logam berat yang bisa diterapkan pada industri-industri yang limbahnya mengandung logam berat, salah satunya adalah dengan prinsip elektrolisa. Melalui penelitian ini diharapkan akan diperoleh suatu gambaran tentang kemungkinan digunakannya prinsip elektrolisa sebagai salah satu alternatif pemecahan dalam menangani permasalahan air buangan yang mengandung logam.tinggi, juga dapat menimbulkan lim-

bah baru akibat penambahan bahan-bahan kimia tertentu didalam pengolahan tersebut.

Bila dilihat dari prosesnya, elektrolisa dapat dilakukan pada pengolahan limbah dengan konsentrasi tinggi. Selain itu proses elektrolisa dapat menangkap secara langsung limbah yang akan dilakukan pengolahan, sehingga dapat dilakukan pengolahan lanjutan ataupun pemakaian kembali (*reuse*). Oleh karena itu, dengan metode ini diharapkan dapat terjadi pengolahan logam berat Cu dengan efisiensi tinggi dan dengan metode pengolahan yang lebih sederhana (Goodridge dan Scott, 1995).

Sebuah penghantar adalah suatu bahan yang didalamnya terdapat muatan-muatan yang akan bergerak bila dikenai gaya oleh suatu medan listrik. Muatan-muatan bebas yang terdapat pada penghantar logam merupakan elektron-elektron negatif. Muatan-muatan bebas yang terdapat pada penghantar logam merupakan elektron-elektron negatif. Sedangkan muatan bebas didalam elektrolit ialah ion-ion positif dan negatif (Atkins, 1997).

Apabila dalam suatu larutan elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka terjadi suatu peristiwa yang dinamakan elektrolisis, yaitu suatu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif atau kation bergerak ke katoda dan menerima elektron (reduksi elektron) dan ion negatif atau anion bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron (oksidasi elektron) (Khopkar, 1990).

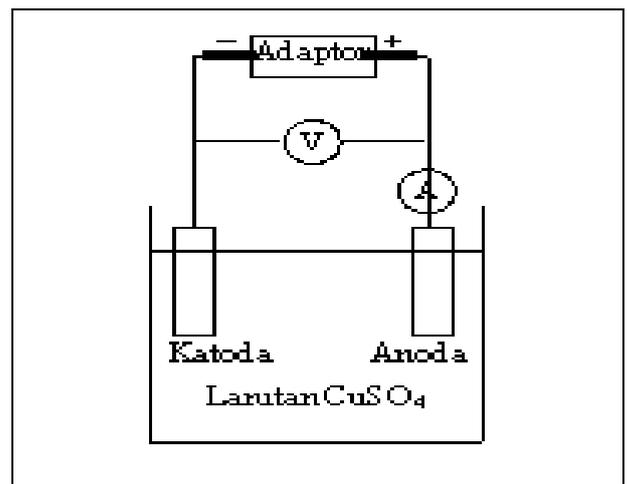
Akibat adanya perbedaan potensial pada kedua elektroda yang dicelupkan dalam cairan elektrolit (larutan berisi ion-ion), terjadi pergerakan ion-ion pada sisi elektroda-elektroda yang ditimbulkan oleh medan listrik. Elektroda dalam proses elektrolisis berperan sebagai penghantar arus listrik ke dalam larutan, sehingga terjadi perubahan reaksi kimia. Elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi disebut katoda. Sedangkan elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut dengan anoda (Day dan Underwood, 1998).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa penurunan konsentrasi Cu yang terjadi akibat proses elektrolisis, dengan adanya pengaruh variasi kuat arus dan tegangan. Mengetahui efisiensi proses elektrolisis akibat variasi kuat arus dan tegangan serta menganalisa kuat arus dan tegangan optimum yang terjadi.

## 2. METODOLOGI

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel buatan dengan kadar Cu yang telah ditentukan. Pembuatan alat/model dilakukan dalam skala laboratorium serta dilakukan dengan proses *batch*. Parameter yang diukur adalah kadar sebelum dan sesudah proses elektrolisa. Variasi dalam penelitian ini adalah variasi tegangan dan kuat arus. Untuk variasi tegangan yaitu sebesar 3 volt, 4,5 volt, dan 6 volt. Sedangkan untuk variasi kuat arus sebesar 1 ampere, 3 ampere, dan 5 ampere. Elektroda yang digunakan pada proses elektrolisa terbuat dari bahan karbon.

Kotak uji yang digunakan ini berfungsi sebagai tempat terjadinya proses elektrolisis pada sampel dapat dilihat pada Gambar 1. Kotak uji ini berupa kotak tembus pandang yang terbuat dari kaca setebal 3 mm, dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 5 cm dan tinggi 15 cm.



Gambar 1. Peralatan untuk Elektrolisa

Adaptor berfungsi sebagai penyalur arus listrik pada kedua elektroda, yang memungkinkan terjadinya proses elektrolisis didalam kotak uji. Arus listrik yang terjadi berupa arus searah, yang pada outputnya mengalirkan arus listrik dengan dua muatan yang berbeda, yaitu arus listrik bermuatan positif (+), yang kemudian di alirkan menuju anoda dan arus listrik bermuatan negatif (-), yang kemudian di alirkan menuju katoda.

Pada penelitian ini menggunakan 3 (tiga) jenis adaptor dengan spesifikasi yang berbeda. Adapun spesifikasi dari ketiga jenis adaptor dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Adaptor

Merk	Jenis Arus Listrik	Output Tegangan (Volt)	Output Kuat Arus (Ampere)
KOC	Searah dengan penstabil tegangan	3; 4,5; 6; 7,5; 9; 12	1
Nisson	Searah dengan penstabil tegangan	3; 4,5; 6; 7,5; 9; 12	3
Shinjitsu	Searah dengan penstabil tegangan	3; 4,5; 6; 7,5; 9; 12	5

Amperemeter berfungsi sebagai alat pengukur nilai kuat arus yang terjadi saat proses berlangsung. Alat ini akan menunjukkan variasi besar kuat arus awal yang di pakai sebagai salah satu variabel pada penelitian ini. Selain itu amperemeter juga dapat menunjukkan penurunan kuat arus yang terjadi. Semakin lama proses berlangsung, maka besar kuat arus akan semakin berkurang.

Amperemeter yang digunakan memiliki spesifikasi yaitu merupakan jenis pengukur ampere untuk arus searah, merk Hesel serta memiliki arus maksimal 10 ampere.

Elektroda berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari adaptor menuju larutan sampel, sehingga dapat terjadi proses elektrolisis. Elektroda ini terbuat dari karbon yang mempunyai ukuran 5 cm x 5 cm x 1 cm. Alat ini terdiri atas dua macam elektroda, yaitu elektroda negatif (katoda) yang merupakan elektroda yang diberi arus listrik bermuatan negatif oleh adaptor serta elektroda positif (anoda) yang merupakan elektroda yang diberi arus listrik bermuatan positif oleh adaptor.

Selain itu digunakan pula termometer pengukur suhu dari air raksa dengan kapasitas maksimal 110 °C. Penggunaan termometer ini untuk mencatat perubahan suhu yang terjadi selama proses elektrolisis berlangsung.

Stopwatch digital digunakan untuk mencatat waktu pengambilan sampel serta pencatatan perubahan suhu dan kuat arus yang terjadi selama proses elektrolisis berlangsung.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ternyata penurunan konsentrasi logam berat Cu dengan menggunakan metode elektrolisis cukup efektif. Hal ini terbukti dengan adanya penurunan konsentrasi Cu yang cukup signifikan pada sampel awal sebelum dilakukannya proses elektrolisis, de-

ngan konsentrasi akhir Cu setelah proses. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Analisa Cu

Variasi Kuat Arus	Variasi Tegangan (Volt)	Konsentrasi Cu	
		Awal (ppm)	Akhir (ppm)
1 Ampere	3	38.712	11.003
	4,5	28.791	9.439
	6	28.772	7.644
3 Ampere	3	38.793	2.158
	4,5	38.759	1.064
	6	38.789	754
5 Ampere	3	38.734	111
	4,5	38.786	82
	6	38.783	24

Penelitian ini dilakukan selama 180 menit dan menghasilkan efisiensi yang cukup tinggi. Selama proses elektrolisis terjadi penurunan konsentrasi Cu dalam larutan yang berubah bentuk menjadi koloid yang menempel pada katoda. Selama proses berlangsung juga terjadi perubahan warna, yaitu warna sampel awal larutan CuSO<sub>4</sub> yang berwarna biru tua, menjadi berwarna bening pada akhir proses. Perubahan warna ini juga ditandai dengan pemisahan Cu dari larutan sampel menjadi bentuk koloid berwarna kuning kecoklatan.

Adanya variasi tegangan dan kuat arus sangat berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi Cu, yang ditunjukkan dengan adanya perbedaan penurunan konsentrasi Cu pada masing-masing variasi yang digunakan. Hal ini disebabkan karena variasi tegangan dan kuat arus merupakan suplai arus listrik pada proses elektrolisis. Suplai arus listrik tersebut yang kemudian dialirkan menuju kedua elektroda (dalam hal ini menggunakan bahan karbon). Dari kedua elektroda yang bermuatan arus listrik inilah proses penurunan konsentrasi Cu dapat berlangsung.

Sesuai dengan tujuan penelitian, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode elektrolisis ternyata dapat menurunkan konsentrasi Cu dalam larutan. Penurunan konsentrasi Cu disebabkan karena adanya reaksi kimia yang terjadi, yaitu pelepasan logam Cu dari larutan sampel CuSO<sub>4</sub>, yang kemudian menempel pada elektroda negatif (katoda) akibat gaya-gaya listrik yang diberikan pada kedua elektroda.

Adanya variasi kuat arus yang diberikan, membawa pengaruh pada penurunan konsentrasi Cu dalam larutan. Semakin tinggi suplai arus listrik yang diberikan, maka akan semakin besar penurunan

konsentrasi Cu yang terjadi. Hal ini disebabkan karena semakin besar suplai arus listrik yang diberikan akan membuat gaya-gaya listrik yang terjadi pada kedua elektroda akan semakin banyak. Gaya-gaya listrik tersebut akan mempercepat terjadinya reaksi kimia yang terjadi dalam larutan, yaitu proses pelepasan logam Cu terhadap larutan sampel  $\text{CuSO}_4$ . Sehingga semakin banyak logam Cu yang menempel pada katoda, dan penurunan konsentrasi Cu dalam larutan akan semakin besar.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa variasi kuat arus ternyata sangat berpengaruh terhadap kemampuan proses elektrolisis. Dari ketiga jenis kuat arus yang digunakan, yaitu 1 ampere, 3 ampere, dan 5 ampere, dapat diketahui ternyata efisiensi penurunan konsentrasi Cu yang paling tinggi diperoleh dari proses elektrolisis dengan menggunakan variasi kuat arus 5 ampere, kemudian kuat arus 3 ampere dengan efisiensi yang lebih rendah, dan kuat arus 1 ampere dengan efisiensi terendah.

Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi penurunan konsentrasi Cu meningkat seiring dengan bertambahnya suplai kuat arus listrik yang diberikan. Artinya arus listrik yang semakin besar akan menimbulkan gaya-gaya listrik pada kedua elektroda yang akan semakin besar pula.

Meningkatnya gaya-gaya listrik tersebut membuat kemampuan kedua elektroda meningkat didalam melakukan perubahan reaksi-reaksi kimia. Sehingga kemampuan kedua didalam mereduksi logam Cu akan semakin besar. Akibatnya konsentrasi Cu dalam larutan semakin berkurang, atau dengan kata lain efisiensi akan semakin tinggi.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa bila dibandingkan dengan variasi lainnya, untuk variasi kuat arus 1 ampere masih mempunyai tingkat efisiensi yang tidak terlalu besar, dan masih dapat ditingkatkan lagi. Untuk itu pada proses elektrolisis dengan menggunakan variasi ini seharusnya dilakukan dalam waktu yang lebih lama dari waktu penelitian. Sehingga dengan waktu proses yang lebih lama diharapkan dapat terjadi penurunan konsentrasi Cu yang lebih besar dan mempunyai tingkat efisiensi yang lebih tinggi.

Dari penelitian yang telah dilakukan, kemudian dilakukan perbandingan terhadap baku mutu yang berlaku. Adapun baku mutu yang digunakan seba-

gai perbandingan adalah baku mutu limbah cair untuk industri pelapisan logam berdasarkan Surat Keputusan (SK) Gubernur Jawa Timur tahun 2002.

Menurut peraturan tersebut kadar logam berat Cu maksimal yang diperbolehkan adalah sebesar 5 ppm dengan kriteria untuk golongan baku mutu limbah cair kelas IV. Apabila dibandingkan dengan konsentrasi akhir proses yang mempunyai efisiensi terbesar pada penelitian ini, ternyata nilainya masih melampaui baku mutu air limbah yang diijinkan. Pada proses dengan efisiensi tertinggi masih menghasilkan konsentrasi sebesar 24 ppm. Sehingga diperlukan proses lanjutan untuk memperoleh konsentrasi logam berat Cu pada akhir proses, yang diperbolehkan oleh baku mutu limbah cair yang telah ditentukan.

#### 4. KESIMPULAN

Adanya pengaruh kuat arus dan tegangan dalam suplai listrik yang diberikan pada metode elektrolisis ternyata berpengaruh pada penurunan konsentrasi logam berat Cu. Dari hasil penurunan konsentrasi Cu yang terjadi, dapat disimpulkan bahwa semakin besar variasi kuat arus dan tegangan yang diberikan, maka akan semakin besar penurunan konsentrasi Cu yang terjadi. Usaha penurunan logam berat Cu dengan menggunakan metode elektrolisis terbukti cukup efektif dengan efisiensi tertinggi pada kuat arus 5 ampere dan tegangan 6 volt yaitu sebesar 99,9%. Namun walaupun mempunyai efisiensi pengolahan yang cukup tinggi, effluent hasil penelitian ini masih mempunyai konsentrasi Cu paling kecil sebesar 24 mg/liter. Konsentrasi tersebut masih jauh melebihi nilai baku mutu limbah cair untuk industri pelapisan logam berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur tahun 2002 sebesar 5 mg/liter untuk Golongan IV. Jika ditinjau dari baku mutu limbah cair untuk parameter temperatur berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur tahun 2002 sebesar  $45^{\circ}\text{C}$ , maka variasi kuat arus dan tegangan yang paling optimum pada penelitian ini adalah pada variasi dengan kuat arus 1 ampere dan tegangan 6 volt yang mempunyai efisiensi 80,39%, dengan suhu larutan maksimal  $41^{\circ}\text{C}$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

Atkins. P. W. (1997). **Kimia Fisika**. Edisi Keempat. Jilid 2. Penerbit Erlangga. Jakarta

Connel, W. dan Miller G.J. (1995). **Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran**. UI-Press

Darmono. (1995). **Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup**. Universitas Indonesia-Press.

Goodridge, F dan Scott, K. (1995). **Electrochemical Process Engineering**. Plenum Press. New York and London

Khopkar, S.M. (1990). **Konsep Dasar Kimia Analitik**. UI Press

Palar, H. (1994). **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat**. PT. Rineka Cipta. Jakarta

Day, JR. R. A. dan Underwood. A. L. (1998) **Analisis Kimia Kuantitatif**. Penerbit Erlangga, Jakarta