

# Analisis Pengaruh Konsentrasi Asam dan Basa terhadap Recovery Tembaga (Cu) dari Limbah Elektronika

Salafudin, Netty Kamal, Vibianti Dwi Pratiwi  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITENAS, Bandung  
Email: vibiantidwi@itenas.ac.id

## ABSTRAK

Penangan limbah elektronika dengan cara recycle dapat menjadi sumber alternatif untuk mendapatkan material yang bernilai. Salah satu komponen utama dalam pembuatan peralatan elektronika adalah PCB. Printed Circuit Board (PCB) mengandung banyak material logam yang berharga seperti tembaga (Cu) sekitar 25% b/b. Dari segi ekonomi maupun kebutuhan pasar, material tembaga layak untuk di recovery. Salah satu cara recovery tembaga dari PCB limbah elektronika adalah dengan proses hidrometalurgi. Pada proses ini PCB direaksikan dengan larutan asam kuat seperti  $\text{HNO}_3$  sehingga membentuk  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ . Parameter yang digunakan adalah konsentrasi perolehan tembaga, sedangkan variabel yang berubah pada penelitian ini adalah konsentrasi  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  dan jenis PCB sebagai limbah elektronika. Konsentrasi tembaga yang dihasilkan dalam percobaan ini dicari menggunakan metode AAS (Atomic Absorption Spectroscopy). Hasil yang didapatkan dihitung menggunakan Anova dengan software Minitab 17 untuk melihat pengaruh konsentrasi asam dan basa terhadap jenis PCB limbah elektronika. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan anova dengan Minitab 17 didapatkan pengaruh  $\text{HNO}_3$  7N pada waktu percobaan 60 menit lebih signifikan dalam mendaur-ulang tembaga dari PCB televisi.

**Kata Kunci :** Limbah Elektronik, PCB, Tembaga, Minitab

## ABSTRACT

Handling of electronic waste by recycle can be an alternative source for obtaining valuable material. One of the main components in making electronic equipment is PCB. Printed Circuit Board (PCB) contains many valuable metal materials such as copper (Cu) around 25% b / b. In terms of economy and market needs, copper material is suitable for recovery. One method of copper recovery from PCB electronic waste is the hydrometallurgical process. In this process the PCB is reacted with a strong acid solution such as  $\text{HNO}_3$  to form  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ . The parameters used were the concentration of copper recovery, while the variable that changed in this study was the concentration of  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  and PCB type as electronic waste. The concentration of copper produced in this experiment was sought using the AAS method (Atomic Absorption Spectroscopy). The results obtained were calculated using Anova with Minitab 17 software to see the effect of acid and base concentrations on the type of electronic waste PCB. Based on the calculation results using Anova by Minitab 17, the influence of the  $\text{HNO}_3$  7N on the 60 minute was found to be more significant in recycling copper from a television PCB.

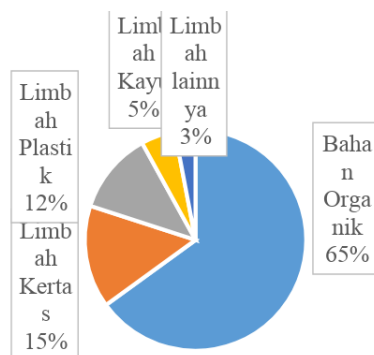
**Keywords :** Electronic Waste, PCB, Copper, Minitab

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi yang begitu cepat, pemakaian barang elektronika seperti komputer, televisi, lemari pendingin, dan pendingin udara sangat meningkat. Tingginya pemakaian barang elektronika saat ini akan berimplikasi pada melonjaknya limbah elektronika. Peraturan secara khusus yang mengatur limbah elektronika di Indonesia belum tersedia hingga saat ini. Selain itu, Indonesia tidak memiliki tata cara pengolahan limbah seperti seperti komputer bekas, lampu bekas, baterai bekas dan limbah elektronika lainnya. Karena tidak memiliki kerangka pengelolaan limbah elektronika, tidak ada data berapa jenis dan volume limbah elektronika, baik yang dihasilkan di Indonesia maupun yang diimpor secara ilegal. Walaupun volume limbah elektronika jauh lebih kecil dibandingkan total volume limbah, pertumbuhan volume limbah elektronika paling tinggi yaitu 3 kali lebih cepat dibandingkan pertumbuhan limbah domestik lainnya [1].

Beberapa komponen peralatan listrik dan elektronika bekas maupun limbahnya membutuhkan pengelolaan yang memenuhi syarat, karena mengandung bahan beracun berbahaya (B3). Komposisi dari limbah elektronika terbagi dalam tiga elemen yaitu elemen dalam jumlah besar, kecil dan sangat kecil. Komposisi limbah elektronika dalam jumlah besar terdiri dari logam timah, tembaga, silikon, karbon, besi, dan aluminium sedangkan logam kadmium dan raksa tergolong dalam komposisi limbah elektronika dalam jumlah kecil. Logam yang tergolong dalam limbah elektronika dalam jumlah sangat kecil adalah germanium, barium, nikel, tantalum, vanadium, berilium, emas, titanium, kobalt, paladium, mangan, perak, antimoni, bismuth, selenium, platinum, arsenik, litium, boron dan americium [2].

Limbah elektronika di Indonesia dianggap sebagai limbah beracun berbahaya (B3). Sehingga tata cara pengolahan untuk limbah elektronika di Indonesia secara garis besar mengikut kerangka pengolahan untuk limbah B3. Baterai atau lampu listrik yang mengandung merkuri atau logam berbahaya pembuangannya akan dicampur dengan limbah organik yang berbahaya. Menurut data Badan Pusat Statistik (2009), menyatakan bahwa penduduk Indonesia menghasilkan 51,4 juta ton limbah per tahun. Limbah di luar industri itu sendiri terdiri dari limbah bahan organik (65%), kertas (15%), plastik (12%), kayu (5%) dan limbah lainnya (3%) yang telah ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosentase Limbah Elektronika di Indonesia

Jika limbah elektronika dapat didaur-ulang, maka diperlukan tata cara daur-ulang yang ramah lingkungan. Pada penelitian ini, limbah elektronika yang digunakan adalah PCB (*Printed Circuit Board*)

yang dapat ditemukan pada rangkaian elektronik seperti radio, televisi, amplifier, komputer dan peralatan elektronik lainnya [3]. Dengan salah satu elemen dalam jumlah banyak pada komposisi limbah elektronik yaitu tembaga akan didaur-ulang menjadi larutan tembaga nitrat. Tembaga nitrat dapat digunakan sebagai elektroplating, katalis, bahan bakar roket, membasmi jamur bahkan pigmen pada industri tekstil. Salah satu cara *recovery* (daur ulang) tembaga dari PCB limbah elektronika adalah dengan proses hidrometalurgi. Pada proses ini PCB direaksikan dengan larutan  $\text{HNO}_3$ , sehingga membentuk  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ . Setidaknya jika dibuang di lingkungan, kadar logam yang tergolong dalam elemen berjumlah banyak dapat berkurang dan sesuai baku mutu yang tersedia.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

*Recovery* tembaga dari PCB (*Printed Circuit Board*) menggunakan metode hidrometalurgi. Limbah elektronika atau PCB yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari televisi dan komputer. Penambahan asam dan basa dalam proses hidrometalurgi untuk melihat pengaruh terhadap jumlah tembaga yang dapat didaur-ulang dari PCB. Asam yang digunakan adalah asam kuat yaitu  $\text{HNO}_3$  sehingga terbentuk larutan  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

Beberapa konsentrasi asam yang akan digunakan adalah 3,5 N dan 7 N. Sedangkan untuk basa kuat yang digunakan adalah larutan NaOH dengan konsentrasi 0 N (tanpa perlakuan) dan 1 N. Penelitian dilakukan dalam rentang waktu reaksi yang berbeda yaitu selama 40 menit dan 60 menit. Jumlah tembaga yang dapat di *recovery* dari limbah PCB kemudian dianalisis menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Hasil yang didapatkan kemudian dihitung menggunakan anova dengan software Minitab 17 untuk melihat pengaruh yang signifikan dari variabel bebas terhadap jenis PCB yang digunakan. Software Minitab 17 mengikuti persamaan dasar anova dengan tiga faktor pada eksperimen seperti pada persamaan berikut [4];

$$\begin{aligned}SSA &= bcn \sum_{i=1}^a (\bar{y}_{i\dots} - \bar{y}_{\dots})^2 \\SSB &= acn \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{.j\dots} - \bar{y}_{\dots})^2 \\SSC &= abn \sum_{k=1}^c (\bar{y}_{\dots k} - \bar{y}_{\dots})^2 \\SST &= \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l (y_{ijkl} - \bar{y}_{\dots})^2 \\SSE &= \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l (y_{ijkl} - \bar{y}_{ijk.})^2\end{aligned}$$

Penelitian ini seluruhnya dilaksanakan di lingkungan kampus Itenas Bandung.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu komponen utama dalam pembuatan elektronika adalah PCB (*Printed Circuit Board*) atau biasa dikenal dengan nama PRT (Papan Rangkaian Tercetak). Secara garis besar, dapat dijelaskan bahwa PCB merupakan suatu pola jalur yang terbuat dari logam sebagai konduktor di atas papan isolator. Logam yang biasa digunakan pada PCB adalah logam yang berharga seperti tembaga, emas, dan paladium. Komposisi logam tembaga pada PCB sekitar 25% b/b [5]. PCB yang digunakan dalam

penelitian berasal dari televisi dan komputer. Berdasarkan analisa awal papan PCB dengan metode AAS didapatkan kadar tembaga sebesar 27,44% pada PCB komputer sedangkan pada PCB televisi mengandung komponen tembaga sebesar 12,96%. Presentase logam tembaga pada kedua jenis PCB ini cukup tinggi sehingga dapat didaur-ulang dalam penelitian ini.

Selain memberikan keuntungan untuk lingkungan, *recovery* tembaga dari limbah elektronika ini dapat meningkatkan nilai tambah dari logam Cu itu sendiri terlebih pada proses *recovery* tembaga yang sederhana. Metode dalam *recovery* tembaga dari limbah elektronika yang cukup sering digunakan dan paling sederhana pada proses hidrometalurgi. Proses hidrometalurgi menggunakan asam atau basa dan sifat kimia dari tembaga dari material lain meliputi *leaching* dan *flotation*. Proses ini lebih teliti, dapat diprediksi, dapat dikontrol dengan mudah dibandingkan proses pirometalurgi, biayanya lebih murah dibandingkan proses secara mekanik maupun proses pirometalurgi, selain itu secara ekonomi dapat dioperasikan dalam skala kecil [6]. Pada proses ini, PCB akan direaksikan dengan larutan  $\text{HNO}_3$  sehingga membentuk larutan  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  dan NaOH sebagai perlakuan awal. Dalam melihat Pengaruh Konsentrasi Asam dan Basa terhadap Recovery Tembaga (Cu) dari Limbah Elektronika digunakan konsentrasi  $\text{HNO}_3$  3,5N dan 7 N sedangkan konsentrasi NaOH 0N dan 1N yang direaksikan selama 40 menit dan 60 menit. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 berikut;

**Tabel 1. Persentase Perolehan Cu (% yield)**

Jenis PCB	Konsentrasi $\text{HNO}_3$	Konsentrasi NaOH	Waktu Reaksi	
			40 menit	60 menit
Komputer	3,5 N	0 N	4,57	14,03
		1 N	8,11	27,21
	7 N	0 N	41,92	59,78
		1 N	46,29	52,49
Televisi	3,5 N	0 N	19,56	54,97
		1 N	33,58	80,47
	7 N	0 N	53,85	80,60
		1 N	66,14	70,05

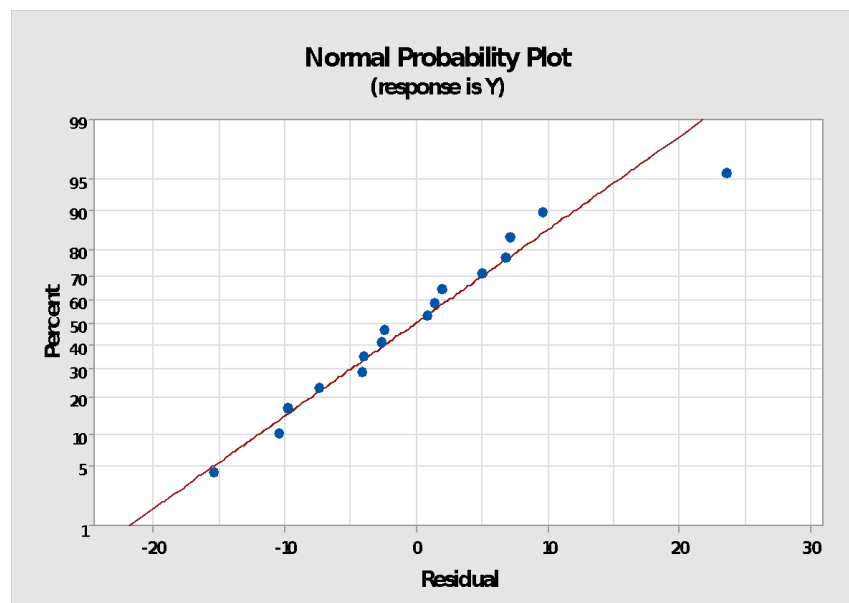
Pada Tabel 1 menunjukkan hasil *recovery* tembaga yang didapatkan tertinggi pada PCB televisi yang bereaksi dengan  $\text{HNO}_3$  7N dan NaOH 0N selama 60 menit. Sedangkan hasil *recovery* tembaga terendah pada PCB komputer yang bereaksi dengan  $\text{HNO}_3$  3,5N dan NaOH 0N selama 40 menit. Kecenderungan meningkatnya % yield dari kedua jenis PCB jika direaksikan dengan  $\text{HNO}_3$  ini sesuai dengan teori dimana semakin meningkatnya konsentrasi asam sebanding dengan % yield tembaga yang dihasilkan [7]. Namun hasil yang berbeda ditunjukkan pada jenis PCB televisi pada konsentrasi NaOH 1N selama 60 menit bereaksi. Hal ini dapat dikarenakan terbentuknya lapisan atau endapan logam impuritis yang bereaksi dengan NaOH sehingga menurunkan %yield Cu. *Recovery* Cu hingga tahap pembentukan larutan  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  dapat meningkatkan nilai ekonomi dari logam Cu.

Pengaruh Konsentrasi Asam dan Basa terhadap Recovery Tembaga (Cu) dari Limbah Elektronika dihitung menggunakan anova (*analysis of variance*) dengan software Minitab 17. Persentase yield yang telah didapatkan dari penelitian diinputkan ke dalam software Minitab 17. Hasil perhitungan anova menggunakan software Minitab 17 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut;

Tabel 2. Perhitungan Anova dari % Yield Cu

Source of Varians	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean of Square	F statistic
PCB	1	2622	2622	21,89
HNO <sub>3</sub>	1	3266,7	3266,7	27,27
NaOH	1	189,5	189,5	1,58
Waktu Reaksi	1	1713,5	1713,5	14,30
Error	11	1317,8	119,8	
Total	15	9109,5		

F hitung (F statistic) pada Tabel 2 dibandingkan dengan F tabel dengan derajat kepercayaan 95% yang bernilai 4,84. Jika F hitung lebih besar daripada F tabel maka variabel bebas percobaan diterima dan ada pengaruh yang signifikan terhadap penelitian [8]. Hasil perhitungan anova menunjukkan asam, jenis PCB dan waktu reaksi mempengaruhi *recovery* tembaga menjadi larutan Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Hal tersebut juga ditunjukkan dari persamaan regresi seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini;



Gambar 2. Persamaan Garis Linear % Yield dengan Variasi Penelitian

$$Y = 3,72 + 25,60 \text{ PCB\_T} + 28,58 \text{ HNO}_3\_7 + 6,88 \text{ NAOH\_1} + 20,70 \text{ WAKTU\_60}$$

Pada persamaan regresi di atas memperjelas dari variabel yang signifikan atau mempengaruhi penelitian ini. Jenis PCB yang lebih berpengaruh pada percobaan ini adalah PCB televisi dengan konsentrasi HNO<sub>3</sub> dan waktu reaksi selama 60 menit. Sedangkan konsentrasi NaOH 1N sangat sedikit berpengaruh atau dapat dianggap tidak terlalu signifikan terhadap hasil penelitian. Berdasarkan penelitian % yield tertinggi pada HNO<sub>3</sub> 7N dengan jenis PCB televisi didapatkan 80,60% tembaga yang dapat di *recovery* selama 60 menit.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian melihat pengaruh konsentrasi asam dan basa terhadap recovery tembaga (Cu) dari limbah elektronika yang dihitung menggunakan anova (*analysis of variance*) dengan software Minitab 17 didapatkan % yield sebesar 80,60%. Persentase *recovery* tertinggi berasal dari jenis PCB televisi yang direaksikan dengan HNO<sub>3</sub> 7N selama 60 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *recovery* tembaga menjadi Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> pada penelitian ini lebih dipengaruhi oleh jenis PCB, konsentrasi asam dan lama waktu reaksi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ismayati. (2010). Limbah Elektronika Mengancam Dunia. *Harian Joglo Semar*.
- [2] Gaule, H. (2009). *Recovery of Precious Metal from Electronic Waste*. Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology. Bangkok: Surat.
- [3] Mambu, G. A. (2001). *Proses Pembuatan PCB (Printed Circuit Board)*. LIPI, Pusat Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi, Elektronik Strategis, Komponen dan Material. TELKOMA.
- [4] Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probability & Statistics for Engineers & Scientists ninth edition*. Boston: Pearson Education, Inc.
- [5] Li, J., Lu, H., Guo, J., Xu, Z., & Zhou, Y. (2007, February 7). Recycle Technology for Recovering Resources and Products from Waste Printed Circuit Boards. *Environmental Science & Technology*, 1995-2000. doi:10.1021/es0618245
- [6] Beltran, M. S. (2009). *Recovery of Copper From Electronic Waste*. Sweden: Chalmers University of Technology.
- [7] Vogel. (1990). *Buku Teks Analisis Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT Kalman Pustaka.
- [8] Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2003). *Applied Statistic and Probability for Engineers Third Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.