
**ANALISA SERBUK TEMBAGA HASIL PROSES *ELECTROREFINING*
DENGAN VARIASI TEGANGAN DAN WAKTU PENGENDAPAN DEPOSIT
TERHADAP BENTUK SERBUK DAN KOMPOSISI KIMIA**

Riles M.Wattimena

Jurusan Teknik mesin, Politeknik Negeri Semarang
Jln. Prof. Sudarto S.H. Tembalang, Semarang 50061
E-mail: riles.wattimena@yahoo.co.id

Abstrak

Teknologi manufaktur masa depan menggunakan printer 3 dimensi (3 D) dengan Proses Sinter Deposisi Multi Material (MMD-Is) merupakan proses alternatif yang berpotensi sangat baik fungsi tinta diganti beragam serbuk logam seperti tembaga. Proses pembuatan serbuk logam dapat dilakukan proses deposisi elektrolisis. Ukuran distribusi ukuran serbuk optimum yang digunakan ukuran 52 – 74 μm (mesh 200) sampai dengan 46 - 63 μm (230 mesh). Makalah ini akan membahas pembuatan tentang serbuk tembaga, dengan pertimbangan di atas, metode yang paling tepat yaitu proses elektrolisis dengan metode elektrorefining, karena metode ini dapat menghasilkan bentuk serbuk butiran halus dengan spesifikasi serbuk berdiameter 40 μm atau ukuran mesh berkisar 325 mesh ~ 400 mesh, serta mempunyai kemurnian yang tinggi, 99,97 % ~ 99,99 % tembaga. Tahapan pengujian serbuk dengan variasi, tegangan elektrolit 1,1, 1,25, 1,5 1,75 dan 2 (volt), interval waktu pengendapan 20, 23, 25, 29 dan 32 (menit), variasi tetap temperatur 50 °C, jarak anoda katoda 30 (mm), konsentrasi larutan elektrolit Cu 25 (gr/liter) dan larutan elektrolit H₂SO₄ 120 (gr/liter), dianalisa distribusi ukuran serbuk dengan (sieve analysis) Hasilnya menunjukkan bahwa distribusi ukuran serbuk 200 mesh (64 - 75 μm) 15 %, 230 mesh (46 - 63 μm) 20 % dan 325 mesh (< 45 μm) 47 %.

Kata kunci: proses elektrolisis, metode elektrorefining , serbuk tembaga.

1. PENDAHULUAN

Serbuk tembaga merupakan salah satu bahan logam yang digunakan untuk membuat komponen otomotif, elektronika dan juga sebagai bahan untuk produk cat yang bersifat konduktif. Dalam industri otomotif dan elektronika, pembuatan komponen dari serbuk tembaga dilakukan dengan teknologi metalurgi serbuk, dimana proses metalurgi serbuk terdiri dari tahapan – tahapan *mixing, compacting* dan *sintering* (Subagja dkk, 1996).

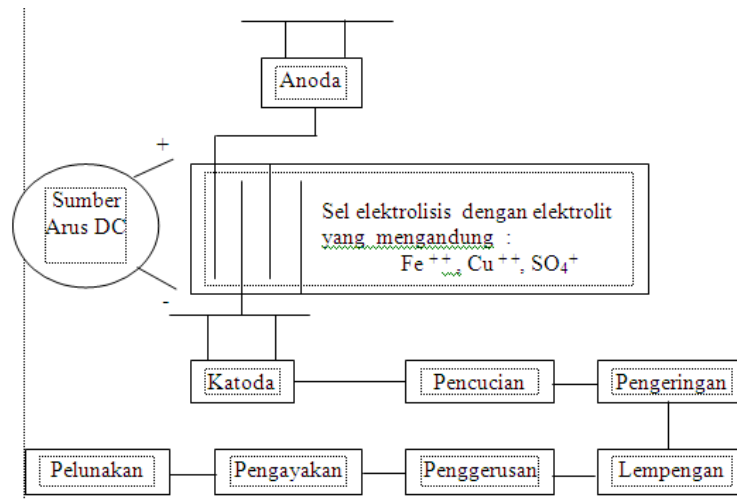
Pembuatan serbuk ini menggunakan proses deposisi elektrolisis dengan metode *elektrorefining*, karena metode ini menghasilkan partikel serbuk hingga 40 μm serta dapat mencapai kemurnian 99,97 % - 99,99 % tembaga murni (Popov dkk, 2002). Proses pembuatan serbuk tembaga menggunakan elektroda lempengan tembaga sebagai anoda dan plat (*stainless steel*) 316L sebagai katoda, keduanya ditempatkan dalam tangki yang berisi elektrolit. Katoda berfungsi untuk proses pengambilan serbuk dilakukan dengan mengangkat katoda kemudian serbuk tembaga diserut untuk dikeringkan.

Metode *elektrorefining* (pemurnian elektrik) digunakan untuk memurnikannya lebih lanjut. Misalnya logam tembaga mentah, dicetak menjadi lempeng, yang digunakan sebagai anoda dalam sel elektrolisis yang mengandung larutan CuSO₄ dan H₂SO₄.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proses Deposisi Elektrolisis

Cara ini banyak digunakan secara luas dalam pembuatan serbuk tembaga, berilium, besi, serta nikel. Kesesuaian antara material kimia dengan kondisi fisik selama elektrodposisi memungkinkan untuk melonggarkan endapan yang menempel pada katoda, sehingga mudah untuk diserut menjadi serbuk. Metoda ini pula dapat menghasilkan serbuk logam dengan kemurnian tinggi sehingga sangat baik untuk pengolahan metalurgi serbuk. Tetapi untuk pembuatan serbuk besi contohnya, akan jauh lebih mahal operasinya bila dibanding dengan proses atomisasi, akan tetapi untuk pembuatan serbuk tembaga cukup kompetitif.

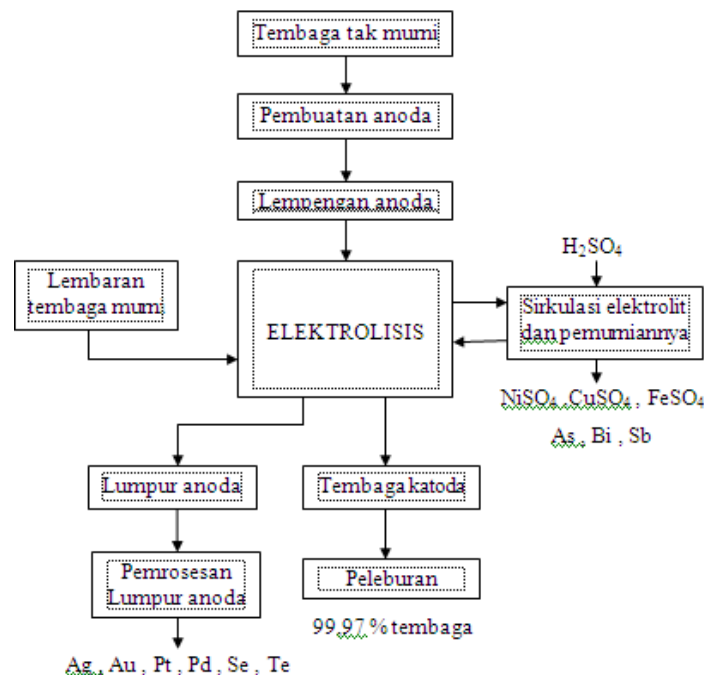


Gambar 2.1. Skematik Proses Elektrolisis Pembuatan Serbuk Logam (diadopsi dari Popov dkk, 2002).

Pada Gambar 2.1. menunjukkan skema dari proses elektrolisis untuk pembuatan serbuk. Berbeda dengan serbuk tembaga, elektrolisis besi tidak disimpan berupa serbuk, tetapi sebagai lembaran endapan pada *stainless steel* yang berupa katoda.

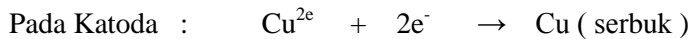
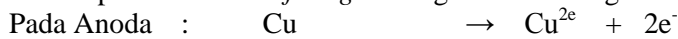
2.2. Metode *Electrorefining*

Logam seperti tembaga, perak, nikel, dan timah yang telah diproduksi dengan metode pirometalurgi terlalu kurang murni untuk bisa digunakan dalam berbagai keperluan, maka metode *electrorefining* (pemurnian elektrik) digunakan untuk memurnikannya lebih lanjut. Misalnya logam tembaga mentah, dicetak menjadi lempeng, yang digunakan sebagai anoda dalam sel elektrolisis yang mengandung larutan $CuSO_4$ dalam H_2SO_4 berair. Lembaran tipis tembaga murni digunakan sebagai katoda, dan tembaga yang larut pada anoda diendapkan dalam bentuk yang lebih murni pada katoda, sampai mempunyai kemurnian 99,97 % tembaga. Skema Teknologi *Electrorefining* Tembaga diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Skema Teknologi *Electrorefining* Tembaga (diadopsi dari Popov dkk, 2002).

Reaksi utama yang terjadi pada elektroda, yang menentukan potensi antara anoda dan katoda selama proses *electrorefining* tembaga adalah sebagai berikut :



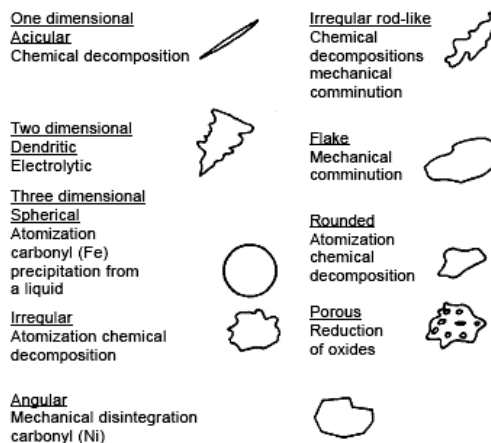
Gambar 2.3. Alat pembuatan serbuk dengan proses elektrolisis metode *electrorefining*.



Gambar 2.3. Alat Uji (Riles dkk, 2011)

2.3. Karakteristik Serbuk

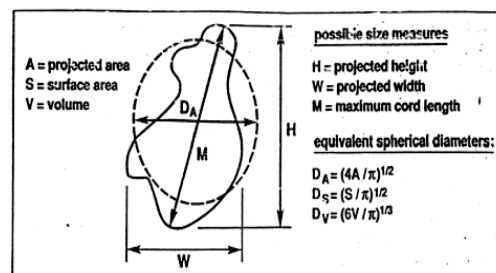
Bentuk partikel mempengaruhi pengemasan serbuk logam, aliran serbuk logam dalam bentuk *bulk* serta kompresibilitasnya. Bentuk ini dipengaruhi oleh teknik pembuatan serbuk logam. Gambar 2.4 menunjukkan beragam bentuk partikel serbuk logam, sesuai dengan ISO standard 3252, pada dasarnya terdiri dari bentuk *irregular*, *irregular rod-like*, *angular*, *acicular* (*needle-like*), dan *dendritic*, *flake*, *rounded*, *porous*.



Gambar 2.4. Bentuk - bentuk partikel serbuk (diadopsi Popov dkk, 2002)

2.3.1. Ukuran Partikel

Ukuran partikel mempengaruhi salah satu karakteristik penting dalam metalurgi serbuk. Ada dua cara penentuan ukuran partikel, yaitu dengan *possible size measure* dan *equivalent sphere diameter*. *Possible size measure* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Possible Size Measure (diadopsi dari German, 1994)

2.3.2. Distribusi Ukuran Partikel

Metode yang umum dan dapat digunakan dengan cepat untuk menentukan ukuran partikel serbuk secara kolektif adalah menggunakan peralatan uji ayakan (*sieve analysis mesh*).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Variabel tetap konsentrasi elektrolit Cu 25 (g / L), konsentrasi elektrolit H₂SO₄ 120 (g / L), Temperatur elektrolit 50 (°C) dan jarak katoda anoda 30 (mm), data di variasi :

- a. Tegangan elektrolit (Volt) : 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2
- b. Interval waktu pengendapan (min) : 20, 23, 26, 29, 32

Bahan penelitian hasil Serbuk tembaga kering dari penelitian Serbuk tembaga yang diteliti hasil dari penelitian sebelumnya dengan prototipe peralatan, Gambar 2.3.

3.1. Pengamatan Bentuk Partikel

Mikrografi adalah gambar hasil pengamatan mikroskop optik yaitu instrumen optik yang terdiri dari suatu lensa atau lebih yang menghasilkan gambar dengan pembesaran puluhan atau ratusan kali.

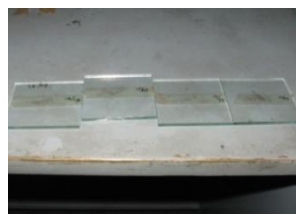
Pengamatan bentuk dan diameter ekuivalen dilakukan setelah proses pengayaan distribusi ukuran serbuk dipilih ukuran serbuk 200 mesh (64 - 75 μm), 230 mesh (46 - 63 μm), partikel serbuk di ambil secara acak untuk pengamatan diameter ekuivalen dengan mikroskop optik setiap sampel uji 8 partikel yang di foto, di hitung diameter ekuivalen setelah itu di ambil diameter rata-ratanya diperlihatkan Gambar 2.5, dengan rumus $D_A = (4A / \pi)^{1/2}$ dimana luas proyeksi, $A = H \times W$ (H: tinggi/panjang proyeksi, W: lebar proyeksi).

Mikroskop optik

Untuk menganalisa Struktur Mikro menggunakan alat *Metallurgical Microscop With Inverted (Olympus PME 3)*, dengan perbesaran 50 x sampai 500 x skala foto satu strip 10 μm . Pada Laboratorium Bahan Program Diploma Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada. Urutan proses pengujian pengamatan partikel nomor 1 sampai 4 seperti **Gambar 3.1** dibawah ini



1. Letakan serbuk diatas *double tape*



2. Serbuk siap uji pada kaca



3. Foto serbuk perbesaran 50 x skala ukur foto 1 strip 10 μm



4. Beri nama file serbuk yang difoto

Gambar 3.1. Urutan proses pengujian pengamatan partikel

3.2. Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia menggunakan *Atomic Absorption Spectrometer 3110 PERKIN ELMER*, pada Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Diponegoro. Setiap unsur mempunyai struktur elektronik yang khas, maka panjang gelombang

yang diemisikan pun merupakan sifat khas dari suatu unsur. Yang diukur adalah intensitas sinar yang diserap maka disebut sebagai spektrofotometri serapan atom.

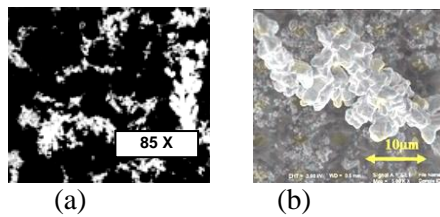


Gambar 3.2 Alat uji spektrofotometri serapan atom.

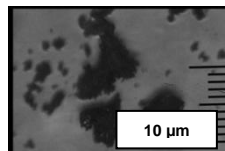
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengamatan Bentuk Partikel Serbuk

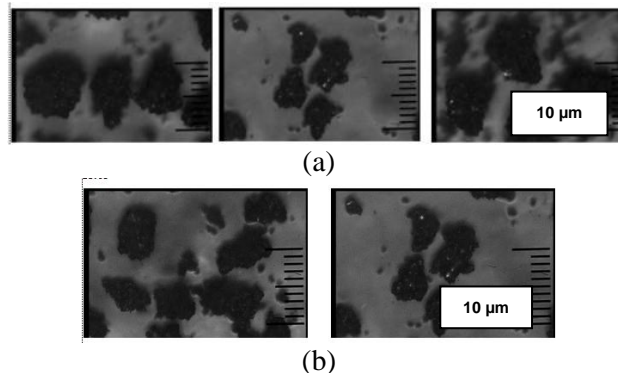
Dari hasil pengujian pengamatan bentuk partikel menggunakan menggunakan alat *Metallurgical Microscop With Inverted (Olympus PME 3)*, dengan perbesaran 50 x dihitung diameter ekivalen (μm). Sebagai pembanding bentuk partikel serbuk tembaga hasil proses *electrorefining* umumnya dendritic (ASM Hand book, 1998 & German, 1994) seperti diperlihatkan Gambar 4.1 dan serbuk tembaga hasil proses *electrorefining* di BPPT Serpong diperlihatkan Gambar 4.2 berbentuk irregular dengan distribusi ukuran serbuk rata-rata 94 μm . Hasil serbuk tembaga dengan prototipe peralatan terlampir seperti diperlihatkan Gambar 4.3 lebih banyak berbentuk irregular dan sebagian *dendritic*. Ukuran partikel yang dihasilkan besar (kasar) dengan peningkatan suhu elektrolit diatas 60 °C (ASM Handbook, 1998).



Gambar 4.1 Serbuk tembaga *electrorefining* (a) ASM Handbook, 1998 & (b) German, 1994



Gambar 4.2 Serbuk tembaga *electrorefining* BPPT Serpong



Gambar 4.3 Bentuk partikel tembaga. a) E 1.75 volt, t 26 menit, 24.7 % 200 mesh
b) E 2 volt, t 26 menit, 27.6 % 230 mesh.

4.2. Hasil Uji Komposisi Kimia

Hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometer* (spektrofotometri serapan atom) di laboratorium kimia analisis Mipa Kimia Undip, bahan uji distribusi ukuran serbuk 200 Mesh, 230 Mesh sebagai pembanding menggunakan serbuk hasil produksi dari BPPT Serpong dan serbuk tembaga dari plat tembaga batangan anoda, diperlihatkan pada Tabel 4.6. Satuan komposisi kimia dipakai ppm (part per million \rightarrow mg/l) untuk menjadi % di bagi dengan 10.000 (http://www.rapidtables.com/convert/number/PPM_to_Percent.htm).

Dari hasil uji didapat kualitas kemurnian Cu 200 Mesh 76.83%, 230 Mesh 87.05%, sebagai pembanding serbuk BPPT Serpong 83.75% dan Cu batangan anoda 96.38%, unsur yang mempengaruhi kemurnian Cu adalah Fe karena prosentase yang besar hal ini disebabkan pada saat pengambilan serbuk yang terdeposisi dengan cara diserut permukaan plat *stainless steel* 304 sebagai katoda ikut tergerus sehingga tercampur dengan serbuk basah hasil proses *electrorefining*. Karena kemampuan alat uji *Atomic Absorption Spectrometer 3110 PERKIN ELMER* (spektrofotometri serapan atom), hanya komposisi unsur seperti diperlihatkan Tabel 4.1 yang dapat terukur alat uji selain unsur-unsur tersebut tidak bisa terukur, sehingga jumlah persentasi unsur kimia kurang dari 100%.

Tabel 4.1 Komposisi kimia serbuk tembaga.

Mesh	% Berat	Komposisi Kimia								
		Pb (ppm)	Cd (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	%
200 (64 - 75 μ m)	24,8	0	0	0.8000	1.0200	0	4.9100	23.0700	768292.6829	76.83
230 (46- 63 μ m)	27,6	0	0	3.0800	0.5000	0	4.5100	19.9400	870454.5455	87.05
Serbuk BPPT	-	0	0.0700	2.3600	0	0	4.3200	12.5600	837500.0000	83.75
Tembaga Anoda	-	0	0.0700	2.3600	0	0	4.0600	117.0000	963750.0000	96.38

5. KESIMPULAN

Sebagai pembanding bentuk partikel serbuk tembaga hasil proses *electrorefining* umumnya dendritic (ASM Handbook, 1998 & German ,1994) seperti diperlihatkan Gambar 4.1 dan serbuk tembaga hasil proses *electrorefining* di BPPT Serpong diperlihatkan Gambar 4.2 berbentuk irregular. Hasil serbuk tembaga dengan prototipe peralatan terlampir seperti diperlihatkan Gambar 4.3 lebih banyak berbentuk irregular dan sebagian dendritic.

Dari data komposisi kimia serbuk import kemurnian serbuk Cu 99,7%, serbuk hasil uji diperlihatkan Tabel 4.1 dari hasil uji didapat kualitas kemurnian Cu 200 Mesh 76.83%, 230 Mesh 87.05%, kemurnian serbuk Cu dipengaruhi proses produksi pada saat penyerutan dari katoda unsur Fe ikut tergerus.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook, (1998), “ *Powder Metal Technologies and Applications* “, Volume 7, ASM International, Ohio, USA.
- German, M.R. (1994),”*Powder Metallurgy Science*”, Metal Powder Industries Federation, New Jersey.
- Popov, K.I., Djokic, S.S., and Grgur, B.N. (2002),”*Fundamental Aspect of Electrometallurgy*”, Kluwer Academic Publishers, New York.
- Riles M.W. (2011), ‘*Analisa Serbuk Tembaga Hasil Proses Electrorefining*” Tesis Magister Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- Subagja, R., Binudi, R., Arief, A., Sudaryat, Undang, A.H. (1996), “*Percobaan Pembuatan Serbuk Tembaga Dalam Skala Pilot Plant*”, Prosiding Pemaparan Hasil Litbang Ilmu Pengetahuan Teknik, Bandung.
- Widyanto, S.A, (2008),”*Proses Sinter-Deposisi Multi Material (MMD-Is) Pengembangan proses rapid prototyping untuk pembuatan produk multi material*,” Semarang.
- Wayne Armstrong, (1999),”*The Isa Proses and Its Contribution to Electrolytic Copper*”, Presented at the Rautomead Coference,Scotland.