



## Pembuatan Serbuk Perak dengan Metode Reduksi Presipitasi Kimia dan Pasta Perak untuk Aplikasi Kontak Metal Sel Surya Silikon

Yunus Tonapa Sarungu

Teknik Kimia – Politeknik Negeri Bandung  
Jln. Gegerkalong Hilir Ds.Ciwaruga, Bandung 40012  
e-mail : god\_ elona@live.com; HP : 0813 2184 0182

### Abstract

*Utilization of natural solar energy needs supporting technology to obtain maximum conversion of solar energy. Therefore, there is need to design a medium to absorb photothermal energy for further application. In this research, Synthesis of Silver Powder Using Chemical Reduction-Precipitation and Silver Paste for Metal Contacts Solar Cell Application The making of silver powder using precipitate reduction method with raw material from silver nitrate. Silver nitrate reduced by ascorbic acid then added by arabic gum as dispersant and potassium sulfate as modifier. PH of silver nitrate and reduction solution is kept by using HNO<sub>3</sub>. Reaction is happened at 25 °C (RTP). The purity of silver powder as result of reduction is analyzed by SEM (Scanning Electron Microscopy) & EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) and XRD (X-ray Diffraction) and XRD (X-ray Diffraction). Result SEM (Scanning Electron Microscopy) & EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) show that silver powder have purity almost 100 % with spherical particle. Result XRD (X-ray Diffraction) show that system crystal silver powder same with system crystal pure silver powder. Silver powder used for making silver paste with ethylene glycol, butyl acetate as solvent; hydroxy ethyl cellulose as resin binder; triton as additive; and silicate as glass frit. Metallization process of silver paste on silicon is carried out by screen printing method. The silver paste which has been metalized on silicon is analyzed using FPP (Four Point Probe) to know silver paste sheet resistivity. Result of analyze showing that silver paste has sheet resistivity 85,8 mΩ/sq.*

**Keywords:** silver powder, reduction-precipitation, metallization, silver paste

### Pendahuluan

Kebutuhan energi dari waktu ke waktu semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan manusia. Untuk itu dibutuhkan energi terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Salah satu energi terbarukan adalah teknologi listrik tenaga surya. Pengembangan sel surya di Indonesia perlu didukung oleh kesiapan pasokan material *silicon grade solar* (SOG-SI) dan juga material untuk metalisasi permukaannya. Sel surya silikon membutuhkan lapisan konduktif atau metalisasi pada kedua permukaannya sebagai kontak elektrik untuk dapat mengalirkan *electron/hole*. Logam yang digunakan sebagai konduktor ini adalah perak (Ag). Perak memiliki konduktifitas yang sangat tinggi, memiliki daya rekat ke *silicon wafer* yang sangat baik dan berdaya tahan tinggi. Perak yang dipasang di *silicon wafer* sangat tipis dan didepositkan dengan metode *screen printing*. Perak ini dilapiskan dalam bentuk pasta membentuk sebuah pola *finger* dan *busbar*.

Saat ini Indonesia masih mengimpor kebutuhan *silicon grade solar* dan juga pasta perak dengan harga yang relatif mahal. Untuk mengurangi ketergantungan pada produk impor, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan serbuk perak yang kemudian digunakan untuk pengembangan pasta kontak metal perak untuk aplikasi metalisasi pada sel surya.

Pasta perak yang digunakan harus mempunyai konduktifitas dan adhesi yang baik, resistivitas yang rendah serta harga yang relatif murah. Pasta perak terdiri dari beberapa komponen yaitu (Towler, 2007):

a) Material Aktif

Material aktif yang digunakan adalah serbuk perak dengan kemurnian  $\pm 90$  %. Material aktif adalah yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik (konduktor).

b) *Glass Frit*

*Glass frit* berfungsi untuk melekatkan pasta ke sel surya silikon serta menghasilkan kontak dengan sifat elektrik dan mekanik yang baik. *Glass frit* yang digunakan harus memiliki adhesi yang kuat ke silikon contohnya PbO<sub>2</sub>.

c) Resin Binder

Resin binder berfungsi sebagai pelarut dalam pembuatan pasta, resin binder yang digunakan adalah *hydroxy ethyl cellulose* dan pelarutnya alkohol dicampur dengan *ethylene glycol*.

d) Aditif

Bahan aditif yang ditambahkan bisa berupa *thickeners* atau *stabilizers* dan bisa juga yang lainnya, yang membuat pasta perak yang dihasilkan sesuai dengan yang dibutuhkan. Selain itu bisa juga ditambahkan dispersan, agen



viskositas yang membuat pasta menjadi kental, dan lainnya yang mendukung pembuatan pasta. Bahan aditif yang digunakan adalah triton sebagai *surfactant*.

### Metodologi Penelitian

Alur metode penelitian yang digunakan dijelaskan sebagai berikut:

**SERBUK PERAK** → **PASTA PERAK** → **PRINTING** (pasta yang telah disiapkan *diprinting* pada *wafer silikon*) → **DRYING** (pasta yang sudah melekat pada silikon dikeringkan dalam *oven* pada temperatur 120°C selama 10 menit) → **FIRING** (pasta yang sudah dikeringkan dipanaskan dengan *conveyor firing* pada temperatur 725 - 745 °C selama 10 menit) → **LAPISAN KONTAK Ag** → **KARAKTERISASI FPP** (*Four Point Probe*) *resistivity*.

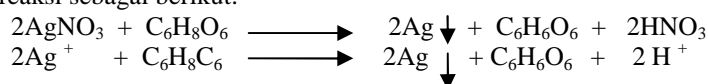
### Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari optimasi penyebaran serbuk perak dengan metode reduksi presipitasi kimia yang selanjutnya diproses menjadi pasta perak. Hal penting yang perlu diperhatikan adalah kemurnian serbuk perak  $\geq 90\%$ . Untuk memperoleh kemurnian ini maka komposisi yang tepat untuk pembuatan serbuk perak disajikan pada tabel 1 sebagai berikut:

**Tabel 1.** Tabel Komposisi yang Tepat untuk Pembuatan Serbuk Perak

Asam Askorbik	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Gum Arab	Perak Nitrat
3 gram	0,5 gram	0,5 gram	4 gram

Ketiga senyawa yang tertera pada tabel di atas mempunyai fungsi masing-masing yaitu asam askorbik pereduksi dengan reaksi sebagai berikut:



Pada reaksi tersebut digunakan pula gum arab sebagai pendispersan yang menyerap dan membentuk lapisan membran molekuler untuk menjaga *inter-contact* antar partikel agar tidak berkumpul menjadi satu (Wu Songping, 2004). Kalium sulfat digunakan sebagai *modifier* untuk mengontrol morfologi permukaan serbuk perak yang dihasilkan *spherical* atau *flake* (Irizarry-Rivera, 2010).

Kondisi operasi pembuatan serbuk perak dijaga pada pH kurang dari 2. Nilai pH menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi distribusi penyebaran partikel dan ukuran partikel yang dihasilkan. Pengontrolan pH dilakukan dengan menambahkan HNO<sub>3</sub> pada larutan. (Wu Songping, 2004).

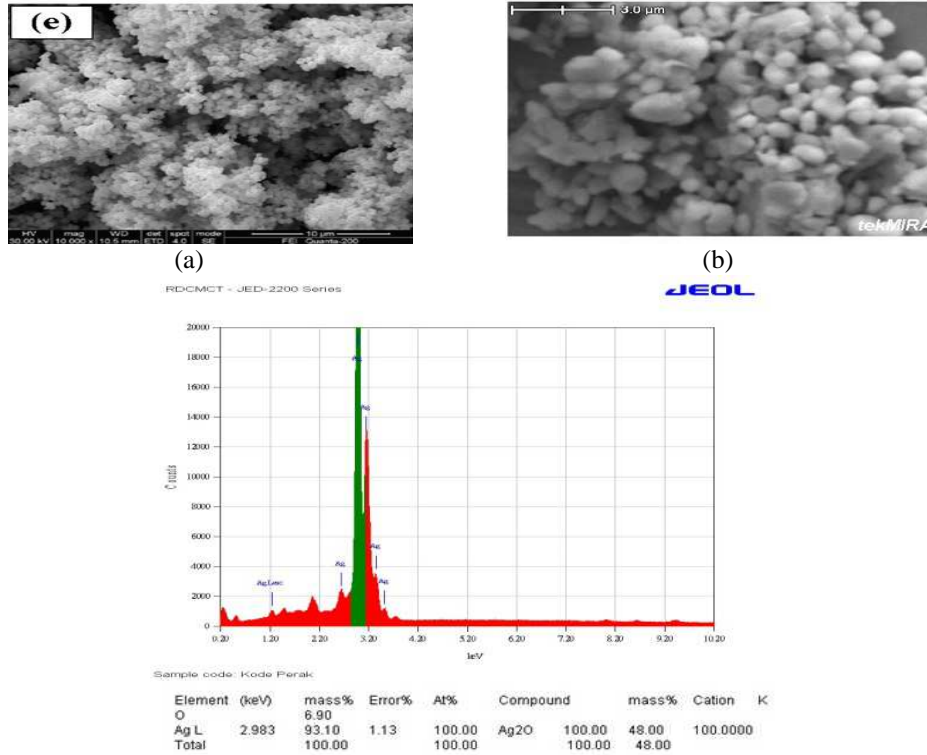
Analisis secara kuantitatif dilihat berdasarkan *yield* dan massa jenis serbuk perak. Massa jenis serbuk perak hasil penelitian dibandingkan dengan massa jenis serbuk perak menurut literatur yaitu, 10,53 gr/ml. Bila massa jenis serbuk perak semakin mendekati literatur, itu artinya komposisi yang digunakan semakin tepat untuk menghasilkan serbuk perak dengan kemurnian  $\geq 90\%$ . Tabel 2 berikut ini merupakan data *yield* dan massa jenis serbuk perak yang didapatkan.

**Tabel 2** Tabel *Yield* dan Massa Jenis Serbuk Perak

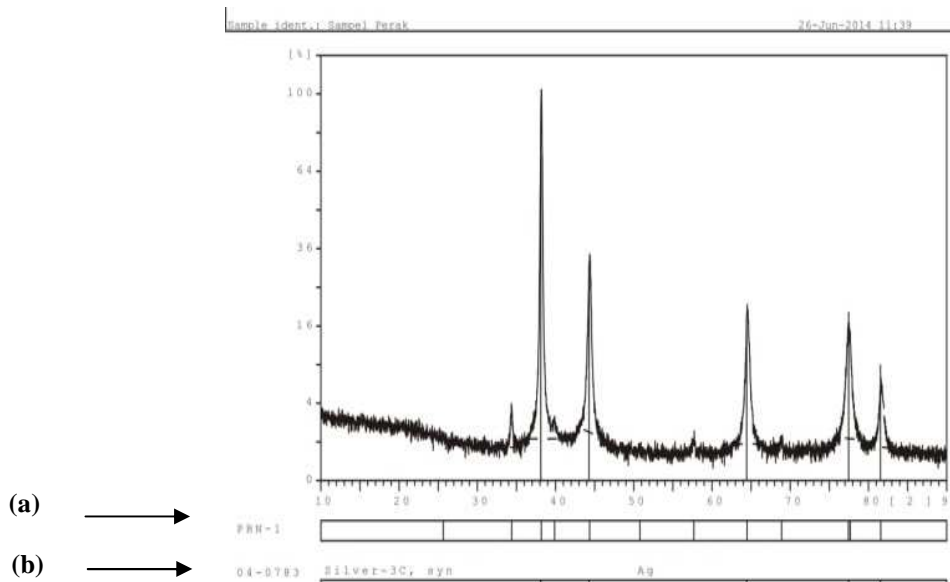
Run	Massa Serbuk Perak Percobaan (Gram)	<i>Yield</i> (%)	Densitas Partikel (Gram/ml)
1	1,7557	69,18	6,7517
2	1,9276	75,95	6,1097
3	1,8141	71,48	1,7817
4	2,1142	83,30	4,0869
5	1,9537	76,98	1,5295
6	0,5552	21,88	12,7935
7	1,7893	70,50	2,7641
8	1,8889	74,42	1,5652
9	1,6728	65,91	2,1811
10	1,8953	74,68	1,8123
11	2,2185	87,41	10,1569
12	2,1980	86,60	7,3826
13	2,0927	82,45	9,4868
14	2,2401	88,26	9,0747
15	2,2653	89,26	9,7619

\* keterangan: Run 1-10 menggunakan perak nitrat teknis, run 11-15 menggunakan perak nitrat p.a. Hasil serbuk perak menurut perhitungan 2,538 gram.

Serbuk perak yang memiliki massa jenis mendekati literatur kemudian dianalisis secara kualitatif menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) & EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) dan XRD (*X-ray Diffraction*). Analisis serbuk perak kali ini bertujuan untuk menganalisis morfologi dan komposisi serbuk perak. (<http://materialcerdas.wordpress.com/teori-dasar/scanning-electron-microscopy/>). Seperti yang ditunjukkan dalam gambar di bawah ini yang merupakan hasil SEM & EDS yang didapatkan.



**Gambar 1.** (a) Hasil SEM dengan Pendispersian Gum Arab Literatur (Sumber: Wu Songping, Guiquan Gou, 2010), (b) Hasil Analisis SEM Morfologi Serbuk Perak (Sumber: Tekmira), (c) Hasil Analisis EDS Komposisi Serbuk Perak (Sumber: Tekmira)



**Gambar 2.** Hasil Analisis Serbuk Perak Menggunakan XRD (a) Peak yang Terbentuk dari Serbuk Perak Penelitian (b) Peak Serbuk Perak Murni Berdasarkan Data Base (Sumber: ITB)

Setiap sistem kristal akan membentuk *peak-peak* tertentu pada sudut  $2\theta$ . Dapat dilihat pada gambar 2(a) serbuk perak penelitian membentuk *peak-peak* pada sudut  $2\theta$ . *Peak-peak* tersebut kemudian dibandingkan dengan *peak-peak* serbuk perak berdasarkan data *base* yang terlihat pada gambar 2(b). Bila terdapat tiga *peak* dengan persentase intensitas terbesar mendekati atau sama dengan *peak* berdasarkan data *base*, berarti sistem kristal tersebut sesuai. Sedangkan bila sudah terdapat dua *peak* dengan persentase intensitas terbesar tidak mendekati atau tidak sama dengan *peak* berdasarkan data *base*, berarti sistem kristal tersebut tidak sesuai. Tabel 3 menunjukkan perbandingan data *base* antara perak nitrat, perak penelitian, perak murni, dan asam askorbik.

**Tabel 3.** Tabel Perbandingan antara Perak Nitrat, Perak Penelitian, Perak Murni, dan Asam Askorbik

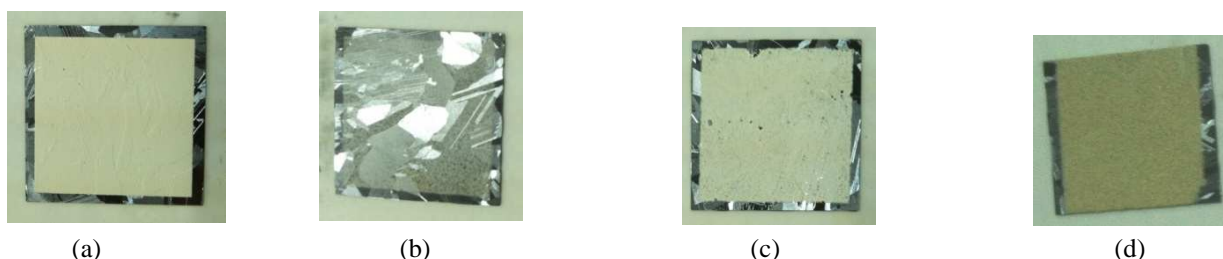
Perak Nitrat		Perak (penelitian)		Perak (murni)		Asam Askorbik	
$2\theta$	int	$2\theta$	int	$2\theta$	int	$2\theta$	Int
29,645	100	38,180	100	38,116	100	28,064	100
24,265	78	44,355	31,7	44,277	40	19,882	68
19,585	65	77,450	15,6	77,472	26	19,802	65
21,679	64	64,490	18,9	64,426	25	30,004	64
32,765	57	81,570	5,9	81,537	12	10,461	40

Dari data di atas, hasil analisis serbuk perak menggunakan XRD menunjukkan hampir semua *peak* yang terbentuk pada serbuk perak penelitian mendekati *peak* yang terbentuk oleh serbuk perak berdasarkan data *base*.

### Pembuatan Pasta Perak dari Serbuk Perak dengan Kemurnian $\geq 90\%$ untuk Aplikasi Kontak Metal Sel Surya Silikon.

Serbuk perak yang didapatkan dari hasil reduksi presipitasi perak nitrat dijadikan sebagai bahan baku utama pembuatan pasta perak. Komposisi pasta terdiri dari material aktif, *glass frit*, *resin binder*, *solvent* dan aditif (Towler, 2007). Material aktif yang digunakan adalah serbuk perak dengan kemurnian  $\geq 90\%$ . Resin binder yang digunakan pada penelitian ini adalah *hydroxy ethyl cellulose*. *Hidroxy ethyl cellulose* juga berfungsi untuk mengentalkan larutan (*thickener*) sehingga terbentuk seperti pasta yang *viskous*. *Ethylene glycol* dan *butyl acetate* berfungsi sebagai *solvent*. Selain itu ditambahkan aditif triton X-100 yang berfungsi sebagai surfaktan. *Glass frit* yang digunakan pada penelitian kali ini adalah *silicate* yang berfungsi untuk meningkatkan adhesivitas perak ke silikon. Pasta perak *Ferro 3347* digunakan sebagai pasta perak standar pada penelitian ini dan sebagai pembandingan dengan pasta perak hasil penelitian.

Setelah proses *printing*, silikon yang terlapisinya dikeringkan (*drying*) dalam *oven* selama 10 menit pada suhu  $120^{\circ}\text{C}$  untuk menghilangkan *solvent* yang terdapat pada pasta. Kemudian dilanjutkan dengan proses *firing* yang berfungsi melelehkan perak agar melekat pada silikon dan menghilangkan sisa-sisa *solvent*, *binder*, aditif, dan pengotor lainnya. Gambar 3 memperlihatkan hasil proses pelapisan pasta perak di atas substrat silikon multikristal.



**Gambar 4.** Foto Hasil Proses Pelapisan Pasta Perak di Atas Silikon (a) *Ferro 3347*, (b) Pasta Perak Sampel Satu, (c) Pasta Perak Sampel Dua, (d) Pasta Perak Sampel Tiga (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

Pada gambar di atas terlihat perbedaan diantara keempat hasil proses pelapisan di atas silikon. Pelapisan pasta perak menggunakan *Ferro 3347* menghasilkan lapisan konduktif tipis yang berwarna putih, melekat pada silikon, silikon terlapisinya secara merata, dan permukaannya halus. (**gambar.a**).

Bila dibandingkan dengan pasta perak sampel satu (**gambar.b**), lapisan konduktif yang terbentuk menggunakan pasta perak sampel satu berwarna putih sama seperti pasta perak standar dan melekat terhadap silikon. Akan tetapi proses pelapisannya tidak merata, dan terdapat bagian-bagian yang tidak terlapisinya seluruhnya serta permukaannya tidak halus. Hal ini dikarenakan serbuk perak yang digunakan kurang halus sehingga saat proses *printing* tidak semua pasta dapat lolos melewati *screen*.

Lain hal dengan pasta perak sampel dua (**gambar.c**) yang juga memiliki warna putih, melekat pada silikon, dapat melapisi hampir seluruh permukaan silikon dan memiliki permukaan yang sudah cukup halus.

Adapun pasta perak sampel tiga (**gambar.d**) yang memiliki warna berbeda dengan pasta perak standar yaitu kuning kecoklatan. Walaupun permukaan silikon terlapisinya secara merata tetapi kurang melekat dan



permukaannyapun terlihat kasar, terdapat butiran-butiran halus yang mudah luruh. Butiran-butiran halus ini terbentuk karena adanya agglomerasi atau pengelompokan akibat penambahan *silicate*.

Selain dilihat secara visual, dilakukan juga analisis menggunakan FPP (*Four Point Probe*) untuk mengukur *sheet resistivity*. Hasil pengukuran *sheet resistivity* lapisan perak di atas silikon dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini:

**Tabel 4** Hasil Pengukuran *Sheet Resistivity* Lapisan Perak di atas Silikon dilakukan Menggunakan Alat FPP (*Four Point Probe*)

Sampel	$R_{rata}$ (m $\Omega$ /sq)
Ferro 3347	2,8
Sampel 1	FLUKTUATIF
Sampel 2	29
Sampel 3	85,8

Dari hasil analisis menggunakan FPP (*Four Point Probe*) terlihat *resistivity* pasta perak hasil penelitian lebih besar daripada pasta perak standar. Pasta perak standar memiliki *resistivity* 2,8 m $\Omega$ /sq. Terdapat juga sampel pasta perak yang tidak bisa dianalisis karena pembacaannya yang fluktuatif yaitu pasta perak sampel pertama. Hal ini dikarenakan pasta perak sampel satu tidak dapat melapisi seluruh permukaan silikon bahkan masih ada beberapa bagian yang tidak terlapisi. Inilah yang menyebabkan pembacaan tidak stabil karena kemungkinan *resistivity* yang terbaca sebagian *resistivity* pasta dan sebagian lagi *resistivity* silikon.

Pasta perak sampel dua dapat dianalisis dan memiliki nilai *resistivity* 29 m $\Omega$ /sq. *Resistivity* pasta perak sampel satu lebih besar hingga 10x dari pasta perak *ferro* 3347 dikarenakan serbuk perak yang digunakan memiliki kemurnian dibawah 90% yang menyebabkan hambatannya lebih besar.

Berbeda dengan pasta perak sampel dua, pada pasta perak sampel tiga digunakan serbuk perak dengan kemurnian  $\geq 90\%$ . Akan tetapi hasil analisis menunjukkan *resistivity*-nya lebih besar daripada perak standar dan lebih besar juga daripada pasta perak sampel dua. Hal ini kemungkinan karena ada penambahan *silicate* pada pasta perak sampel tiga. Dilihat secara visual pun setelah proses metalisasi, hasilnya sudah berbeda dengan pasta perak standar. Penambahan *silicate* sebagai *glass frit* menjadi kurang tepat dikarenakan, *silicate* tidak berfungsi menambahkan adhesi perak terhadap substrat silikon namun menjadi hambatan dan membuat nilai *resistivity* menjadi besar.

Nilai *resistivity* mempengaruhi daya hantar listrik pada sel surya. Semakin kecil nilai *resistivity* pasta perak maka kemampuan pasta perak menghantarkan listrik akan semakin baik. Nilai *resistivity* dipengaruhi oleh kemurnian serbuk perak, semakin murni serbuk perak yang digunakan maka semakin kecil nilai *resistivity* pasta perak. Seharusnya pasta perak sampel tiga memiliki nilai *resistivity* lebih rendah dari pasta perak sampel dua dan mendekati nilai *resistivity* pasta perak standar dikarenakan, serbuk perak yang digunakan pada pasta perak sampel tiga lebih murni. Kemurnian serbuk perak pada pasta perak sampel tiga sudah di buktikan dengan analisis SEM & EDS dan XRD yang sebelumnya sudah dibahas di atas.

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian di atas yang telah dibandingkan dengan tinjauan pustaka, dapat disimpulkan beberapa hal yang pada intinya sebagai berikut:

- 1) Komposisi yang tepat untuk pembuatan serbuk perak dengan kemurnian  $\geq 90\%$  adalah 4 gram perak nitrat p.a, 3 gram asam askorbik, 0,5 gram pottasium sulfat, dan 0,5 gram gum arab;
- 2) Pembuatan pasta perak dari serbuk perak dengan kemurnian  $\geq 90\%$  dapat diaplikasikan untuk kontak metal sel surya silikon dan menghasilkan *sheet resistivity* sebesar 85,8 m $\Omega$ /sq.

### Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya adalah:

- 1) Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya menggunakan perak nitrat p.a karena memiliki kemurnian yang lebih tinggi;
- 2) Pada proses pencampuran larutan perak nitrat dan larutan reduktor dapat dilakukan dengan meneteskan perak nitrat sedikit demi sedikit ke dalam larutan reduktor untuk memperoleh ukuran partikel serbuk perak yang lebih kecil dan lebih seragam;
- 3) *Silicate* tidak dapat digunakan sebagai *glass frit* dalam pembuatan pasta perak, sebaiknya menggunakan PbO<sub>2</sub>.

### Daftar Pustaka

Gary C. Cheek, R.P. Mertens, R.G. Van Overstraeten, and L. Frisson. *Thick Film Metallization for Solar Cell Applications*. IEEE Trans. On Elec. Dev., vol. ED-31, no. 5, May 1984, pp. 602-609







- Songping, W., (2006), *Preparation of micron size flake silver powders for conductive*.
- Roberto Irizarry, dkk. (2010), Process for Making Highly Dispersible Spherical Silver Powder Particles and Silver Particles Formed Therefrom. U.S. *Patent. Patent No. 7,648,557*.
- Roberto Irizarry, H. Y. (2011), Process for making silver powder particles with small size crystallites. U.S. *Patent. Patent No. 201212240*.
- Towler, Philip Dean, Frank B, Dehn and Co. St Bride's House. 2007. Paste for solar cell electrode, solar cell electrode manufacturing method, and solar cell. European. *Patent. Patent No 1801890 (patent)*
2012. *Produksi Silikon untuk Panel Surya* (Online). (<http://panelsuryaindonesia.com/konsep-panel-surya/28-produksi-silikon-untuk-panel-surya>, diakses 8 Februari 2014).
2013. *Sel Surya: Struktur dan Cara Kerja* (Online). (<http://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>, diakses 5 Februari 2014).
2009. *Scanning Electron Microscopy* (Online). (<http://materialcerdas.wordpress.com/teori-dasar/scanning-electron-microscopy/diakses>, 26 juni 2014)





---

**Lembar Tanya Jawab**  
**Moderator: Supranto (Universitas Gadjah Mada)**  
**Notulen : Mitha Puspitasari (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Supranto (Universitas Gadjah Mada)
- Pertanyaan :
  - Dari 3 (tiga) sampel pendekatan untuk mendapatkan hasil yang terbaik parameternya apa?
  - Setelah dapat perak yang bagus, sel surya yang bagus itu komponennya apa?
  - Performance sel surya dinyatakan dalam apa?
- Jawaban :
  - Asam askorbit dan kalium sulfat yang perlu dirubah dengan metode 1 ditetapkan 1 dirubah, sehingga menghemat percobaan.
  - Didapatkan dulu pasta yang terbaik, kemudian sel surya akan di didapatkan setelah printing pastinya merata dan mempunyai *sheet resitivity* sebesar 2,8 mΩ/sq.
  - Milli ohm/square (mΩ/sq), yang tergantung dari luas tangkap sel surya yang dapat dirubah menjadi energi listrik.



