# Utilisation of Screen Printing Technique for Mini Electrodes Application

Hisyam Farhansyah Lubis<sup>1</sup>, Abram Dionisisus Antory<sup>1</sup>, Shabrina Fadhilah<sup>3</sup>, Radon Dhelika<sup>2</sup>, Yudan Whulanza<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Prodi Sarjana, Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia <sup>2</sup>Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia <sup>3</sup>Research Center for Biomedical Engienering, Universitas Indonesia \*yudan@eng.ui.ac.id

Abstract. Prevention act is always better than treatment. Low awareness in term of disease prevention eases virus or bacteria to attack human body. Lack of practical and accurate detection system also make certain kind of diseases rise into surface. Costly diagnostic devices put more pressure onto society to get them medically checked frequently. Based on that idea, a simple fabrication technique for fabricating the electrochemical detector is needed. Those characteristics of fabrication method is the main topic for this research. Screen printing method for fabricating electrodes and electrical circuits are now common throughout the world. Still, a screen printing machine is relatively expensive. Therefore, this research had been conducted with the intention to test whether conventional screen printing technique is able to fabricate a good quality electrode. By then, electrochemical detector will be possible to be fabricated easily. Dimension deviation caused by the fabrication processes and main functional test with cyclic voltammetry were the main study in this research. As a result, two layers of screen printed carbon has potential to be developed as electrochemical detection tools.

Abstrak. Pencegahan selalu lebih baik dari pengobatan. Wabah penyakit sering kali terjadi karena kurangnya kepekaan manusia untuk menjaga dirinya dari penyakit. Kurangnya alat praktis dan akurat pun merupakan salah satu sebab terjadinya wabah. Perangkat diagnosis penyakit yang mahal dan metode pendeteksian yang rumit membuat masyarakat menengah kebawah sulit mendapatkan kejelasan mengenai kesehatan lingkungannya. Atas dasar hal tersebut, fabrikasi sensor penyakit dibutuhkan. Metode fabrikasi yang paling praktis, murah, dan mudah menjadi landasan penelitian ini. Teknologi cetak sablon untuk fabrikasi elektroda dan sirkuit kelistrikan sudah umum dilakukan. Akan tetapi mesin pencetak yang mahal dan sulit didapat kembali menjadi hambatan. Pengetahuan cetak sablon konvensional sudah umum di masyarakat Indonesia, khususnya kalangan menengah kebawah. Hal tersebut terbukti dengan banyaknya usaha cetak sablon yang tersebar di seluruh penjuru Indonesia. Ide penelitian ini adalah meneliti deviasi dimensi fabrikasi serta kelayakan elektroda sensor yang difabrikasi menggunakan metode cetak sablon konvensional dengan tujuan masyarakat luas dapat melakukan proses fabrikasi sensor pada daerahnya masing-masing. Hasilnya, dua lapis karbon yang dicetak sablon memiliki potensial untuk dijadikan alat deteksi electrochemical.

Kata kunci:Elektroda Cetak Sablon, Deviasi Manufaktur, Electrochemical Detector, Lab-on-Chip, Polymerase Chain Reaction, Cyclic Voltammetry

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

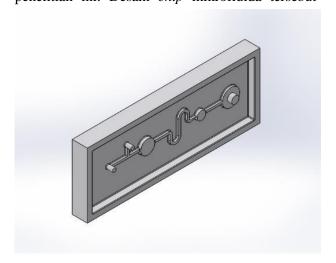
Permasalahan utama pada kegiatan diagnosis penyaki tadalah rumitnya perangkat pendeteksian. Alatnya yang mahal serta dimensi alat yang besar juga merupakan hambatan dapat dilakukannya pendeteksian secara praktis dan cepat. Permasalahan tersebut merupakan penyebab kesenjangan di bidang kesehatan pada kota besar dan daerah yang kecil.

Disiplin ilmu teknik biomedis telah berkembang pesat selama tiga dekade terakhir. Salah satu terobosan dalam disiplin ilmu tersebut adalah perangkat lab-on-a-chip. Perangkat lab-ona- chip pertama kali digunakan pada tahun 1980 dengan aplikasinya untuk disiplin ilmu biologi molekular, biologiselular, proteomics, dan kimia. Ide cemerlang meminiaturisasi laboratorium konvensional ke dalam chip kecil nan praktis adalah suatu terobosan besar yang sangat berbagai bidang memudahkan penelitian.

Dimensinya kecil mengakibatkan yang penghematan ruang kerja dan tak hanya itu, sampel uji yang digunakan juga berkuantitas kecil sehingga dapat dilakukan penghematan sampel. Hal tersebut merupakan keunggulan penggunaan metode lab-on- a-chip ini. Tujuan utama tim lab-on-a-chip kali peneliti ini adalah meminiaturisasi langkahlangkah metode penelitian polymerase chain reaction (PCR) yang secara umum dilakukan di dalam laboratorium. Langkah-langkah tersebut adalah denaturation, yaitu proses pemecahan untaian DNA; annealing, yaitu proses penguatan primer DNA; lalu yang elongation, terakhir adalah yaitu komplemen DNA baru untuk membangun doublestranded DNA [1]. Seluruh langkah metode PCR tersebut diharapkan dapat diminiaturisasi dan diintegrasikan ke dalam chip mikrofluida berukuran 85 mm x 45 mm.

Tahapan terakhir yang dilakukan setelah melalui langkah-langkah PCR diatas adalah tahap deteksi. Sensor harus ditaruh pada bagian akhir *chip* mikrofluida PCR ini. Sensor tersebut harus memenuhi beberapa syarat antara lain adalah geometri yang kecil serta pas pada area pendeteksian dan fungsional. Kemudahan fabrikasi juga merupakan salah satu tinjauan dalam pemilihan metode manufaktur. Alasan tersebut [2] [3] mendasari penggunaan metode cetak sablon untuk memanufaktur detektor ini.

**Metode Penelitian Pertimbangan desain.** Desain detektor sangat bergantung pada dimensi dan geometri desain *chip* mikrofluida pada daerah pendeteksian, yang mana telah dirancang oleh tim penelitian ini. Desain *chip* mikrofluida tersebut



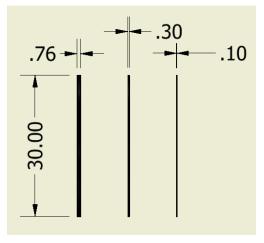
Gambar 1.Desain Mold Lab-on-a-Chip

dapat dilihat pada Gambar 1.

Seperti yang telah pada gambar, desain area pendeteksian berdiameter 8 mm dan berbentuk lingkaran, sehingga desain dari detektor pun harus pas ke dalam desain tersebut. Diameter dari elektroda tersebut juga dicocokkan dengan volume analit yang digunakan yaitu sebesar 50-70 microlitre.

Material dari working electrode (WE) dan counte relectrode (CE) menggunakan karbon, sedangkan material reference electrode (RE) menggunakan perak [4]. Material WE dan CE diharuskan inert, sehingga biasa digunakan karbon, emas, platina, dan material inert lainnya. Material RE diharuskan stabil dalam hal properti elektronika nya sehingga biasa digunakan perak atau Ag/AgCl.

Untuk mengetahui karakteristik metode cetak sablon konvensional ini, pertama dilakukan fabrikasi sampel cetak sablon yaitu berbentuk tiga garis lurus berdimensi 0.25mm, 0.5mm, dan 1 mm. Setelah dilakukan trial pertama, ternyata mesin cetak Hewlett Packard Color Laser Jet Pro percetakan MFPM117fw memiliki rasio sebesar1:1.3, sehingga desain garis dirancang dengan dimensi 0.1 mm, 0.3 mm, dan 0.76 mm seperti yang dapat dilihat pada Error! Reference source not found. Masing-masing sampel tersebut akan difabrikasi dengan dua tipe cetak sablon, yaitu satu lapis dan dua lapis.



Gambar 2. Desain Sampel Cetak Sablon

**Fabrikasi.** Proses fabrikasi detektor ini meliputi beberapa tahapan: fabrikasi *mask*, fabrikasi stensil, proses cetak sablon, dan proses *curing*.

Mask cetak sablon dibuat terlebih dahulu sebab berfungsi sebagai penghalang cahaya pada proses fabrikasi stensil. Cairan afdruk pada proses stensil bersifat *photosensitive* sehingga bagian yang terpapar cahaya akan mengeras dan sebaliknya bagian yang tidak terpapar cahaya akan larut pada proses *development* menggunakan air. Oleh sebab itu, pola yang tercetak pada substrat mask sablon

(Yaschica Transparent OHP Paper) adalah pola positif dari desain sensor.

Fabrikasi stensil berfungsi sebagai pola pada proses cetak sablon. Pertama *screen* sablon dilapisi oleh cairan afdruk *photosensitive* secara rata. Selanjutnya proses pengeringan cairan tersebut dilakukan pada tempat dengan intensitas cahaya yang minim. Lalu, *mask* cetak sablon ditaruh diatas *screen* sablon yang telah dilapisi oleh cairan afdruk kering. Setelah itu proses *exposure* dengan lampu 20-Watt dilakukan selama 5 menit.

Terakhir, proses *development* dilakukan dengan mengaliri air ke atas *screen* sablon. Bagian yang terpapar oleh cahaya akan mengeras pada *screen* sablon dan menetap menutupi celah *screen* sablon. Sebaliknya, bagian yang tidak terpapar cahaya akan larut dengan air yang dialirkan.

Proses cetak sablon dilakukan secara manual menggunakan pasta karbon dan rakel (*squeegee*) karet. Pasta karbon ditaruh pada bagian ujung pola stensil. Substrat cetak sablon yang merupakan FR4 ditaruh dibawah *screen* sablon. Proses penyablonan dilakukan dengan menekan sembari menjalankan rakel kearah pola cetak sablon.

Curing hasil cetak sablon dilakukan selama 120 menit pada temperatur 120 derajat Celsius. Tahapan ini dilakukan untuk menghilangkan pelarut pada pasta karbon dengan cara menguapkannya. Serta menguatkan ikatan karbon dengan substrat FR4.

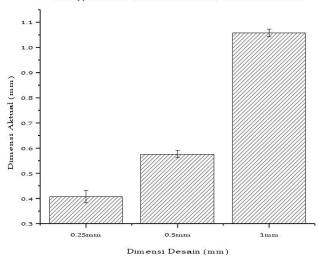
Setelah keempat proses tersebut dilakukan, spesimen didiamkan sampai temperatur turun ke suhu ruangan. Pengukuran dimensi dilakukan menggunakan mikroskop DinoLite pada setiap tahapan diatas untuk mengetahui deviasinya terhadap desain awal. Pengukuran ketebalan hasil cetak sablon juga dilakukan menggunakan Surfcom. Struktur mikro pada hasil cetak sablon satu lapis dan dua lapis juga diambil.

Hasil dan Pengukuran. Data yang didapatkan dalam penelitian ini adalah data dimensi tampak atas, data ketebalan, dan mikrostruktur dari elektroda.

Pengukuran dilakukan terhadap dimensi mask

screenprinting sampel tiga garis, yakni garis dengan lebar 1 mm, 0.5 mm, serta 0.025 mm. Dimensi yang didapat pada sampel 1 mm terlihat baik,yaitu dengan rata-rata dimensi lebar 1.06 mm. Selisih dimensi aktual dengan desain terlihat sebesar 0.06 mm, sedangkan untuk dimensi aktual sampel 0.5 mm terlihat memiliki selisih 0.08 dengan dimensi desain. Perbedaan yang cukup jauh terlihat pada dimensi aktual sampel 0.25 mm yang memiliki dimensi 0.41 mm. Secara jelasnya, penyajian grafik hasil pengukuran dimensi dapat

Pengukuran Dimensi Mask Cetak Sablon

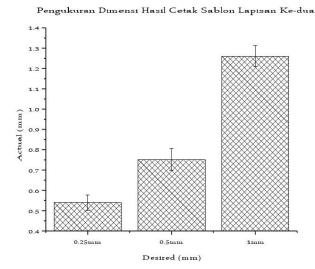


Gambar 3. Grafik Pengukuran Dimensi Mask Cetak Sablon

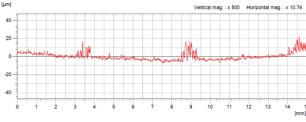
dilihat pada Gambar 3. Terlihat jelas pada grafik bahwa sampel berdimensi 0.25 mm jauh dari rancangan awal.

# Pengukuran Dimensi Stensil Lapisan Pertama 1.1 1.0 0.9 0.8 0.7 0.5 0.4 0.3 0.25mm 0.5mm 1mm Desired (mm)

Gambar 8. Grafik Pengukuran Dimensi Stensil Cetak Sablon Lapisan Pertama

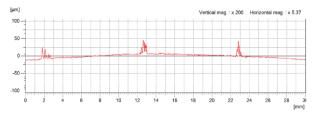


**Gambar 7.** Grafik Pengukuran Dimensi Stensil Cetak Sablon Lapisan Ke Dua

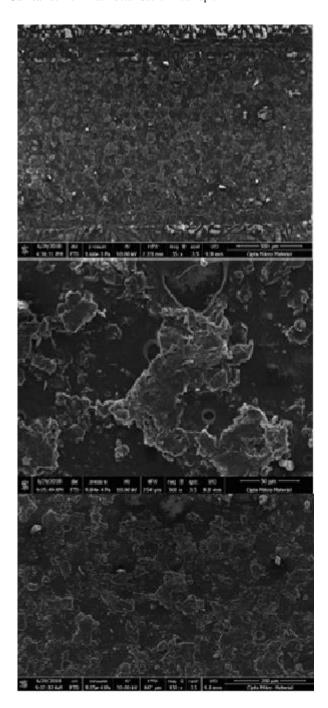


Gambar 4. Profil Hasil Cetak Sablon Satu Lapis

Pada pengukuran dimensi sampel stensil, pengukuran juga dilakukan menggunakan instrument mikroskop DinoLite. Stensil difabrikasi dua kali untuk keperluan cetak sablon dua lapis. Pada stensil untuk lapisan cetak sablon pertama, didapat dimensi aktual untuk masing-masing



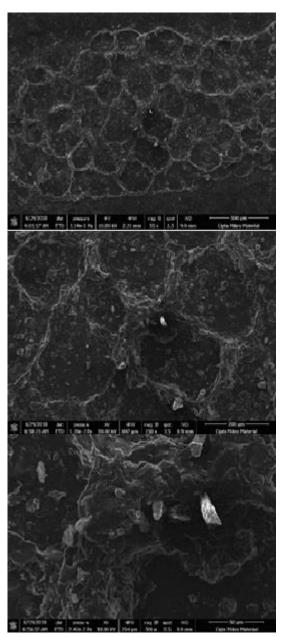
Gambar 6. Profil Hasil Cetak Sablon Dua Lapis



**Gambar 5.** PengujianSEM HasilCetak Sablon SatuLapis Perbesaran 55x, 300x, dan150x (atas ke bawah).

sampel 0.25 mm,0.5 mm, dan 1 mm secara berurutan adalah 0.36 mm, 0.52 mm, dan 1.02 mm. Sedangkan untuk lapisan kedua secara berurutan adalah 0.35 mm,0.51 mm, dan 0.99 mm. Grafik hasil pengukuran stensil pertama dan kedua dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 6.

Pengukuran ketebalan atau profil sampel dilakukan menggunakan perangkat *Surcom*. Data yang terukur terlihat baik yaitu kurang lebih 16



mikrometer pada hasil cetak sablon lapisan

**Gambar 10.** Pengujian SEM Hasil Cetak Sablon Dua Lapis Perbesaran 55x, 150x, dan 300x (atas ke bawah)

pertama. Sedangkan pada hasil cetak sablon lapisan kedua menunjukkan adanya peningkatan ketebalan kurang lebih dua kali lipat dari hasil sebelumnya. Data tersebut dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 9.

Pengujian Scanning Electron Microscope

(SEM) dilakukan pada satu titik disetiap sampel (hasil cetak sablon satu lapis dan dua lapis) dengan tiga kali perbesaran yakni perbesaran 55 kali, 150 kali, dan 500 kali.

Pada hasil pengujian tersebut terlihat bahwa pada sampel elektroda cetak sablon satu lapis secara mikrostruktur material karbon tidak saling berhubungan rapat dan memiliki rongga (Gambar 4) sehingga elektron tidak dapat mengalir dengan baik. Sedangkan pada sampel elektroda cetak sablon dua lapis, terlihat bahwa material karbon menciptakan pola yang mirip seperti *honeycomb* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 8.

## Kesimpulan

Hasil yang telah diuji masih memiliki deviasi yang cukup besar, sehingga penelitian lebih lanjut diharapkan untuk terus dilakukan. Rata-rata persentase eror dimensi yang terjadi pada hasil fabrikasi *mask* cetak sablon terukur sebesar 5.8% pada sampel 1mm, 15.2% pada sampe l0.5 mm, dan 62.8% pada sampel 0.25 mm. Eror tersebut dihasilkan karena kemampuan mesin pencetak HP yang hanya memiliki kemampuan cetak terkecil dengan rata-rata dimensi 0.407 mm. Hal tersebut memicu terjadinya eror yang cukup besar pada dimensi yang semakin kecil.

Persentase eror dimensi yang terjadi pada hasil fabrikasi film stensil terhadap desain awal dapat dikatakan paling kecil diantara seluruh proses fabrikasi cetak sablon ini dengan persentase eror sebesar 0.2% pada sampel 1mm, 3.35% pada sampel 0.5 mm, dan 37.3% pada sampel 0.25 mm.

Lapisan cetak sablon satu lapis terlihat berpori (porous). Setelah dilakukan pengujian SEM jelas terlihat bahwa material karbon terdapat rongga satu sama lain,sehingga arus listrik tidak dapat terhantarkan. Oleh karena kasus tersebut, dilakukan pelapisan kedua. Pengujian SEM terhadap sampel cetak sablon lapisan ganda terlihat rapat dan membentuk pola seperti sarang lebah (honeycomb). Pola tersebut rapat, sehingga arus listrik dapat dihantarkan dengan baik.

Eror dimensi cetak sablon satu lapis terukur sebesar 10.94% pada desain 1 mm, 33.9% pada desain 0.5 mm, dan 97.44% pada desain 0.25 mm terhadap desain awal. Eror dimensi cetak sablon dua lapis meningkat dari hasil cetak sablon lapis pertama, yaitu 26.02% pada desain 1 mm; 50.5% pada desain 0.5 mm; dan 115.6% pada desain 0.25 mm.

Pengujian profil terlihat baik pada sampel hasil cetak sablon satu lapis dengan ketebalan kurang lebih 16 mikrometer. Akan tetapi, ketebalan meningkat kurang lebih dua kali lipat pada hasil cetak sablon dua lapis.

Metode cetak sablon konvensional ini sangat berpotensi tinggi, hanya saja beberapa parameter tidak dapat dikendalikan apabila operator dari metode ini adalah manusia. Parameter- parameter yang dapat dikendalikan antara lain adalah ukuran *mesh screen* sablon, viskositas dan viskositas pasta sablon yang digunakan. Oleh karena itu, sangat disarankan untuk dilakukan riset lebih lanjut mengenai kedua hal tersebut.

### References

- [1] L. a. A. N. Garibyan, "Research techniques made simple: polymerase chain reaction (PCR)," *The Journal of investigative dermatology*, 2013.
- [2] S. M. V. C. I. M. D. &. A. F. Cinti, "Carbon Black-Modified Electrodes Screen-Printed onto Paper Towel, Waxed Paper and Parafilm M®," Sensors, 2017.
- [3] R. P. S. H. &. C. J.-W. Tortorich, "Inkjet-Printed and Paper-Based Electrochemical Sensors.," *Applied Sciences*, 2018.
- [4] A. &. M. J. L. Hayat, "Disposable screen printed electrochemical sensors: Tools for environmental monitoring," *Sensors*, 2014.