

Kajian Waktu Etsa dan Penurunan Massa PCB *Double layer*

B. Budiana*, Elin Aprilia*, Riki Ria*, Mchael Timanta Ginting* dan Budi Sugandi*

*Politeknik Negeri Batam

Jurusan Elektro

Jalan Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

E-mail: budiana@polibatam.ac.id

Abstrak

Etsa FeCl_3 merupakan proses menghilangkan bagian tertentu dari suatu material dengan menggunakan FeCl_3 dengan konsentrasi minimum 28%. Metode yang digunakan dengan larutan FeCl_3 adalah metode reaksi kimia dengan bahan yang digunakan adalah PCB. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh 3 variasi yang digunakan terhadap waktu etsa PCB dan penurunan massa PCB. Variasi karakterisasi yang digunakan yaitu plat PCB yang dietsa dengan menggunakan pemanasan dan stirer (PS), Plat PCB yang dietsa dengan menggunakan pemanasan tanpa menggunakan stirer (PTS) dan plat PCB yang dietsa tanpa menggunakan pemanasan dan stirer (TPTS). Setelah dilakukan proses etsa, plat PCB dikarakterisasi menggunakan Mikroskop Optik Motik SMZ168. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, plat PS memiliki nilai kehilangan massa yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan PTS dan TPTS. Waktu yang dibutuhkan untuk proses etsa PCB PS terjadi pada waktu 5 menit lebih cepat dibandingkan dengan PCB PTS yang berlangsung selama 10 menit dan PCB TPTS yang berlangsung selama 20 menit.

Kata kunci: Etsa, stirer, PS, TPS, TPTS

Abstract

FeCl₃ Etching is the process of removing certain parts of a material using FeCl₃ with a minimum concentration of 28%. The method used with FeCl₃ solution is a chemical reaction method and material etched is PCB. This study aims to determine the effect of 3 variations used on etching time and PCB mass reduction. Characterization variation used is PCB plate etched using heating and stirrer (PS), PCB plate etched using heating without using stirrer (PTS) and PCB plate etched without using heating and stirrer (TPTS). After the etching process, the PCB plate is characterized using Optik Motik SMZ168. Based on the research, the mass reduction value of PS is highest for all variations and the etching time of PS occurs at 5 minutes is the fastest than the PTS (10 minutes) and TPTS (20 minutes).

Keywords: Etching, stirer, PS, TPS, TPTS

1. Pendahuluan

Teknologi Rekayasa material terdiri dari tahap persiapan, karakterisasi maupun aplikasi[1]. Tahap persiapan terdiri dari tahap sintesis atau tahap pemilihan material yang akan digunakan sebelum proses karakterisasi dilakukan. Tahap sintesis terdiri dari tahapan awal material yang dipersiapkan dengan tujuan tertentu sedangkan tahap pemilihan material merupakan tahapan awal dari proses rekayasa material yang mempertimbangkan berbagai aspek sifat kimia, fisika serta ketersediaan yang ada di alam. Tahap karakterisasi terdiri dari serangkaian pengolahan hasil dari tahap sintesis. Tahap ini juga dapat mengawali sebuah pengambilan keputusan dari

suatu material untuk digunakan sebagai material yang akan digunakan pada tahap aplikasi. Tahap aplikasi merupakan tahapan akhir dari sebuah serangkaian proses material. Tahapan ini melibatkan tahapan pengambilan keputusan dari suatu material dengan sifat fisika dan kimianya yang terbentuk setelah proses karakterisasi diperoleh [1].

Salah satu contoh tahapan pemilihan material adalah pemilihan bahan kimia atau larutan kimia yang akan digunakan pada manufaktur PCB. Manufaktur PCB terdiri dari serangkaian proses yang melibatkan proses fisika dan kimia. Salah satu proses yang terjadi dalam manufaktur PCB adalah Etsa. Etsa adalah proses menghilangkan bagian tertentu dari suatu material dengan menggunakan larutan kimia. Larutan

kimia yang digunakan merupakan asam kuat yang dapat merusak permukaan bahan [2]. Beberapa larutan kimia yang sering digunakan dalam proses etsa terdiri dari *ferric chloride* (FeCl_3), ammonium persulfat, asam *chromic*, *cupric chloride* (CuCl_2), dan *alkaline amonia* [2,3,4,6].

FeCl_3 merupakan bahan etsa yang sering digunakan dalam proses pencetakan dan proses etsa PCB di industri. Keunggulan FeCl_3 jika dibandingkan dengan larutan kimia lain yaitu memiliki laju etsa yang tinggi dan kapasitas pelarutan tembaga yang tinggi [3,4].

Proses etsa merupakan proses yang sangat menarik untuk dikaji baik dari laju etsa yang berlangsung pada material, selektivitasnya, kualitas permukaan yang terbentuk, keseragaman arah etsa maupun reproduktivitasnya [2]. Mekanisme terjadinya proses etsa dapat dikelompokkan menjadi 3 tahapan utama yaitu tahapan awalan, tahap terbentuk reaksi kimia dan tahap perpindahan materi etsa. Tahap awalan merupakan tahap awal pergerakan larutan etsa ke permukaan bahan yang akan dietsa. Tahap yang kedua adalah tahap terbentuk reaksi kimia antara larutan etsa dengan permukaan yang dietsa. Tahap yang terakhir adalah tahapan ketika terjadinya pergerakan produk reaksi yang terbentuk antara larutan etsa dengan permukaan PCB yang dietsa [2].

Proses etsa dapat diklasifikasikan menjadi 3 berdasarkan metode yang digunakannya yaitu metode etsa dengan reaksi kimia, metode etsa dengan elektrokimia atau *chemical milling* atau dengan metode etsa secara mekanik [8].

Penelitian ini berfokus pada larutan FeCl_3 sebagai larutan etsa dengan konsentrasi yang digunakan adalah 28%. Pemilihan konsentrasi ini berdasarkan pada rujukan minimum yang digunakan oleh peneliti sebelumnya [7,8]. Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode etsa dengan reaksi kimia. Variasi perlakuan yang diberikan terdiri dari 3 variasi yaitu pemanasan dengan stirer, pemanasan dan tanpa pemanasan.

2. Metode Penelitian

a. Persiapan PCB *double layer*

PCB dengan ukuran 1 cm x 1 cm dibersihkan dengan menggunakan alkohol. Tujuan penggunaan alkohol pada PCB adalah untuk membersihkan permukaan PCB dari debu dan kotoran sehingga tidak mengganggu proses etsa berlangsung. Setelah PCB dibersihkan maka PCB dikeringkan pada suhu 30 ° C selama 15 menit.



Gambar 1. Plat PCB yang telah dibersihkan dengan menggunakan alkohol 70 %.

b. Pembuatan larutan FeCl_3

Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan persentase 28 % FeCl_3 adalah sebagai berikut:

- FeCl_3 ditimbang dengan massa 140 gram dan dimasukkan kedalam *beaker glass* ukuran 500 ml. Selama proses pelarutan terjadi, bak berisi air dingin ditempatkan dibawah *beaker glass* untuk menghilangkan panas yang terbentuk selama proses kimia terjadi (reaksi eksotermis).
- DI water ditambahkan sebanyak 300 ml kedalam FeCl_3 yang terdapat pada *beaker glass* sedikit demi sedikit.
- Setelah penambahan DI water, 70 ml HCl ditambahkan dengan persentase 36% sehingga konsentrasi akhir HCl menjadi 5% dan Air ditambahkan sampai mencapai volume total 500 ml.
- Larutan yang terbentuk distirer selama 30 menit sehingga larutan bersifat homogen.

c. Pemasangan PCB *double layer* pada larutan FeCl_3

Plat PCB *double layer* diikat dengan menggunakan tali berbahan polimer pada sebuah batang kayu. Jarak antar plat PCB satu terhadap PCB lainnya adalah 0,5 cm dengan ketinggian tali untuk masing plat sama terhadap larutan. Temperatur yang digunakan pada plat plat PCB yang dipanaskan adalah 50 ° C dan kecepatan stirer yang digunakan adalah 5 rpm.

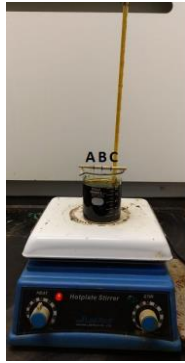
Penamaan Variasi yang diberikan adalah sebagai berikut:

- Plat PCB yang dietsa dengan menggunakan pemanasan dan stirer dinamakan PS
- Plat PCB yang dietsa dengan pemanasan tanpa menggunakan stirer dinamakan TPS
- Plat PCB yang dietsa tanpa menggunakan pemanasan dan stirer TPTS

Berikut adalah gambar dari PS, TPS, TPTS



Gambar 2. PCB PS yang diikat pada batang dan akan dietsa pada larutan FeCl_3 (Keterangan A: Plat A, B: Plat B, C: Plat C)



Gambar 3. PTS yang diikat pada batang dan akan dietsa pada larutan FeCl_3 (Keterangan A: Plat A, B: Plat B, C: Plat C)



Gambar 4. PCB TPTS yang diikat pada batang dan akan dietsa pada larutan FeCl_3 (Keterangan A: Plat A, B: Plat B, C: Plat C)

d. Pengambilan Data Massa untuk masing-masing Plat A, B dan C

Massa untuk masing-masing plat ditimbang baik sebelum dilakukan etsa maupun setelah dilakukan etsa. Plat yang telah ditimbang kemudian dikarakterisasi menggunakan mikroskop optik untuk dilihat permukaan atas dan bawahnya. Waktu pengambilan data adalah 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit.

3. Hasil dan Pembahasan

Etsa dilakukan dengan rentang 5 menit. Pengambilan data hanya dilakukan sampai menit ke 20. Pengambilan data ini merujuk pada tingkat efisiensi dari etsa yang terjadi pada plat PCB. Jika etsa pada PCB lebih dari 20 menit dikhawatirkan akan menimbulkan biaya produksi yang lebih tinggi selama proses pabrikan PCB. Berikut adalah hasil dari PCB yang telah dietsa pada waktu tertentu:

a. Pemanasan dengan Stirer (PS)

Variasi pertama yang diberikan adalah Pemanasan dengan Stirer. Pemanasan yang diberikan pada plat PCB *double layer* ini adalah 55°C dengan kecepatan putaran stirer 5 rpm. Pemanasan yang diberikan dijaga konstan dan dibaca melalui termometer yang dimasukkan kedalam larutan FeCl_3 , kecepatan putaran stirer dijaga tetap dengan kecepatan 5 rpm.

Hasil yang diperoleh dengan pemberian perlakuan tersebut disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Gambar PCB *double layer* PS sebelum dan sesudah dilakukan etsa

Waktu (menit)	Plat A	Plat B	Plat C
0 Sebelum Etsa			
5	Permukaan atas		
Permukaan bawah			

Berdasarkan tabel 1 dapat dilihat bahwa plat PCB *double layer* mengalami pengelupasan permukaan setelah 5 menit. Hal ini menunjukkan telah terjadinya reaksi kimia antara larutan FeCl_3 dengan permukaan bahan yang dietsa. Adapun reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:



Untuk mendapatkan nilai kuantitatif maka dilakukan perhitungan massa dari plat PCB sebelum dimasukkan kedalam larutan etsa dan sesudah dimasukkan kedalam larutan etsa.

Tabel 2. Data Massa PS sebelum dan sesudah proses etsa

Massa Ke-	Plat A (Gram)	Plat B (Gram)	Plat C (Gram)
M0	0,3400	0,3500	0,3200
M5	0,2165	0,2206	0,2235

Keterangan

M0 : Massa PCB sebelum terjadinya etsa

M5 : Selisih Massa PCB setelah terjadinya etsa dan sebelum terjadinya etsa dengan waktu 5 menit

Setelah dilakukan perhitungan massa maka dilakukan perhitungan kehilangan massa dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ KM} = \frac{ma - mb}{ma} \times 100\% \quad (4)$$

Catatan:

ma = massa sebelum dimasukkan kedalam larutan etsa

mb = massa setelah dimasukkan kedalam larutan etsa

dengan menggunakan persamaan 4 maka diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Data kehilangan Massa PCB PS

Selisih Massa	Persentase Kehilangan Massa (%)			Rata-Rata (%)
	Plat A	Plat B	Plat C	
M05	36,31	36,97	30,16	34,48




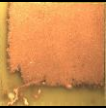


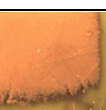


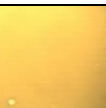
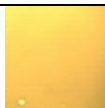
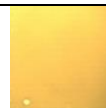


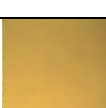
Keterangan

M05 : Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan waktu 5 menit

b. Pemanasan tanpa stirer (PTS)

Berikut adalah gambar dari plat PCB sebelum dilakukan etsa dan setelah dilakukan etsa untuk plat PTS

Tabel 4. Data Gambar PCB *double layer* TPS sebelum dan sesudah dilakukan etsa

Waktu (sekon)	Plat A	Plat B	Plat C
0 Sebelum Etsa			
5	Permukaan atas		
			
5	Permukaan bawah		
			
10	Permukaan atas		
			
10	Permukaan bawah		
			

Berdasarkan gambar pada tabel 4 dapat dilihat bahwa ketika etsa berlangsung (setelah 5 menit dilakukan proses etsa) terjadi pengelupasan permukaan logam. Pengelupasan dimulai dari ujung sisi plat PCB kemudian bergerak sedikit demi sedikit ke bagian tengah. Permukaan atas dan permukaan bawah dari plat PCB terlihat sama pola etsa yang terjadi.

Tabel 5. Data Massa PCB *double layer* PTS

Massa Ke-	Plat A (Gram)	Plat B (Gram)	Plat C (Gram)
M0	0,3500	0,3500	0,3500
M5	0,2457	0,2514	0,2433
M10	0,2333	0,2268	0,2199

Keterangan

M0 : Massa PCB sebelum terjadinya etsa

M5 : Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan waktu 5 menit

M10 : Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan

waktu etsa 10 menit

Adapun kehilangan massa dari plat PCB dengan pemanasan tanpa menggunakan stirer disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Data Kehilangan Massa PCB *double layer* TPS

Selisih Massa	Persentase Kehilangan Massa (%)			Rata-Rata (%)
	Plat A	Plat B	Plat C	
M05	29,8131	28,1800	30,5000	29,50
M010	33,3491	35,2046	37,1766	35,24

Keterangan:





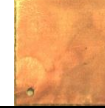



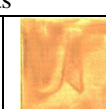
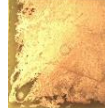








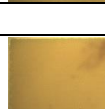


M05 : Selisih Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan sebelum terjadinya etsa, rentang waktu 5 menit

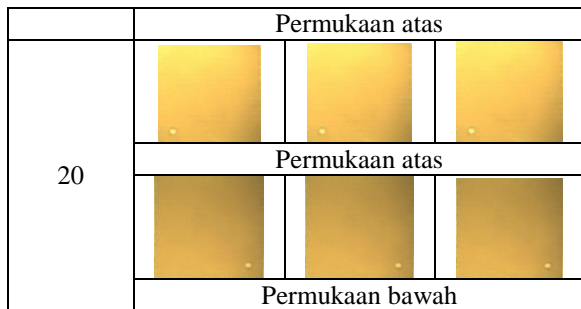
M010 : Selisih Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan sebelum terjadinya etsa, rentang waktu 10 menit

c. Tanpa Pemanasan dan Tanpa stirer (TPTS)

Variasi yang ketiga adalah TPTS. Berikut hasilnya disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Data Gambar PCB *double layer* sebelum dan sesudah dilakukan etsa

Waktu (sekon)	Plat A	Plat B	Plat C
0 Sebelum etsa			
5	Permukaan atas		
			
5	Permukaan bawah		
			
10	Permukaan atas		
			
10	Permukaan bawah		
			
15	Permukaan atas		
			
15	Permukaan bawah		
			



Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai kehilangan massa untuk proses etsa setelah 5 menit dan setelah 10 menit berbeda-beda untuk setiap plat. Salah satu faktor yang memungkinkan terjadinya perbedaan tersebut adalah distribusi temperatur larutan yang tidak seragam. Jika distribusi temperatur pada larutan tidak seragam akan mengakibatkan reaksi kimia yang terjadi antara larutan etsa dengan logam yang melapisi PCB akan berbeda-beda sehingga migrasi produk hasil dari reaksi kimia yang terjadi berbeda juga

Berdasarkan tabel 7 dapat dilihat bahwa permukaan PCB mulai terjadi pengelupasan permukaan akibat dari reaksi kimia yang terjadi pada rentang waktu 5 menit. Permukaan PCB mulai berbeda antara sebelum dietsa dan sesudah dietsa. Hal ini dapat dilihat pada waktu etsa selama 5 menit, gambar permukaan atas dan permukaan bawah mulai menunjukkan adanya perbedaan warna permukaan antara bagian pinggir plat dan bagian tengah pelat. Proses yang terjadi pada waktu 5 menit ini disebut sebagai proses awalan terbentuknya reaksi kimia antara larutan $FeCl_3$ dengan lapisan logam.

Waktu etsa dilanjutkan selama 10 menit dengan hasil etsa menunjukkan terjadinya pengelupasan logam dibagian pinggir dari plat PCB. Hal ini ditunjukkan dengan warna kuning yang terbentuk dipinggir plat PCB. Permukaan plat PCB bagian atas dengan permukaan bawah terlihat memiliki pola etsa yang sama. Hal ini menunjukkan reaksi kimia yang terjadi bersifat isotropik. Proses etsa dilanjutkan kembali selama 15 menit.

Hasil yang diperoleh berdasarkan tabel 7 menunjukkan bahwa plat PCB hampir seluruhnya berubah warna menjadi warna kuning. Terdapat beberap titik yang masih belum mengalami pengelupasan. Sehingga proses etsa perlu dilanjutkan kembali. Proses etsa dilakukan kembali selama 5 menit sehingga total waktu etsa berjumlah 20 menit dan hasil yang diperoleh adalah lapisan permukaan bagian atas PCB lepas.

Nilai massa dari plat PCB dihitung baik sebelum dan sesudah terjadinya etsa. Hasil yang diperoleh disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Data Massa PCB double layer dengan konsentras 28 % $FeCl_3$ tanpa pemanasan

Massa Ke-	Plat A (Gram)	Plat B (Gram)	Plat C (Gram)
M0	0,3500	0,3500	0,3500
M5	0,3024	0,3024	0,3119
M10	0,2440	0,2535	0,2568
M15	0,2186	0,2251	0,2244
M20	0,2185	0,2248	0,2240

Keterangan

- M0 : Massa PCB sebelum terjadinya etsa
- M05 : Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan waktu 5 menit
- M10 : Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan waktu 10 menit
- M15 : Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan waktu 15 menit
- M20 : Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan waktu etsa 20 menit
- Nilai kehilangan massa untuk plat PCB tanpa menggunakan pemanasan disajikan pada tabel 9.

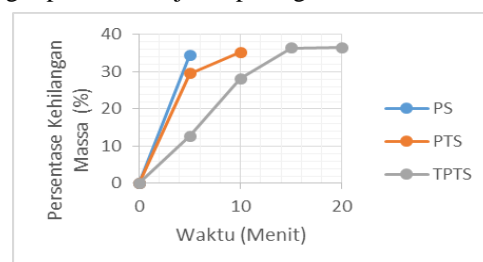
Tabel 9. Data Massa PCB double layer TPTS

Selisih Massa	Persentase Kehilangan Massa (%)			Rata-Rata (%)
	Plat A	Plat B	Plat C	
M05	13,5900	13,5900	10,8900	12,69
M010	30,2800	27,5600	26,6300	28,16
M015	37,5400	35,7000	35,8800	36,37
M020	37,5700	35,7600	36,0000	36,44

Keterangan:

- M05 : Selisih Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan sebelum terjadinya etsa, rentang waktu yang digunakan adalah 5 menit
- M010 : Selisih Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan sebelum terjadinya etsa, rentang waktu yang digunakan adalah 10 menit
- M015 : Selisih Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan sebelum terjadinya etsa, rentang waktu yang digunakan adalah 15 menit
- M020 : Selisih Massa PCB setelah terjadinya etsa dengan sebelum terjadinya etsa, rentang waktu yang digunakan adalah 20 menit

Berdasarkan data kehilangan massa yang terdapat pada tabel 3, 6 dan 9 untuk semua perlakuan maka dibandingkan semua parameter yang bekerja. Hasil yang diperoleh disajikan pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara waktu dengan persentase kehilangan massa untuk PS, PTS, TPTS

Berdasarkan gambar 5 terlihat bahwa persentase kehilangan massa PS lebih tinggi jika dibandingkan dengan PTS dan TPTS. Hal ini terjadi akibat dari perbedaan reaksi kimia yang berlangsung. Pemanasan dengan menggunakan stirer memiliki tingkat migrasi produk reaksi yang lebih besar bila dibandingkan dengan pemanasan tanpa menggunakan stirer dan tanpa pemanasan. Pemanasan memungkinkan reaksi kimia yang terjadi berlangsung cepat karena energi kinetik yang terjadi lebih besar bila dilakukan tanpa menggunakan pemanasan. Penggunaan stirer memungkinkan terjadinya penambahan energi dari luar sehingga reaksi kimia yang terjadi juga berlangsung cepat jika dibandingkan dengan parameter lainnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. PCB *double layer* PS memiliki persentase kehilangan massa yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan PTS dan TPTS.
- b. Waktu yang dibutuhkan untuk proses etsa plat PCB PS terjadi pada waktu 5 menit lebih cepat dibandingkan dengan TPS yang berlangsung selama 10 menit dan TPTS yang berlangsung selama 20 menit.

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkaji perubahan nilai konsentrasi terhadap laju etsa dan dapat menganalisa gambar dari PCB yang telah dietsa.

Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami haturkan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan tinggi dan juga kepada Politeknik Negeri Batam melalui Unit P2M yang telah memberikan dukungan finansialnya selama kegiatan penelitian berlangsung serta kami haturkan terima kasih kepada seluruh staf program Prodi Elektronika Manufaktur dibawah Jurusan Teknik Elektronika atas kerja sama dan fasilitas yang diberikan selama melakukan penelitian

Daftar Pustaka

- [1] M. Franulovic, R. Basan, I. Prebil, A. Trajkovski, T. Maronic, "Materials Characterization – From Metal to soft tissues", *Materials Discovery* **7(7)**, pp 1-7. 2017.
- [2] D.H Patil, S.B Thorat, R.A Khake, S. Mudigonda, "Comparative Study Of FeCl₃ and CuCl₂ on Geometrical Features Using Photochemical Machining of Monel 400". *Procedia CIRP* **68**, pp 144-149. 2018
- [3] H.C Jeong, D. W Kim, G. M Choi, D.J Kim. "The Effect of spray characteristic on the etching of invar alloy with FeCl₃ solutions". *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. 2009
- [4] O. Cakır, "Chemical etching of aluminium", *Journal of Materials Processing Technology* **199(1)**, pp 337-340. 2008.
- [5] O. Cakır, "Review of etchant of Copper and its Alloys in Wet Etching Processes", *IOSR Journal of Engineering* **364-366**. Pp 460-465. 2008
- [6] O. Cakır, "Copper etching with cupric chloride and regeneration of waste etchant", *Journal of Materials Processing Technology* **175(1-3)**, pp 63-68. 2006.
- [7] R.S Khandpur, Printed Circuit Boards Design, Fabrication, and Assembly, Mc Graw Hill Electronic Enggineering. 2006.
- [8] Cylde F. Coombs, Jr, Printed Circuit Handbook Sixth Edition. Mc Graw Hill Electronic Enggineering. 2008.