

Evaluasi Kualitas pada PCB Hasil Proses *Immersion Tin*

Vivin Octowinandi¹, Fadli Firdaus¹, Ridwan¹, Diono¹, Rifqi Amalya F¹, Muhammad Naufal Airlangga Diputra¹, dan M. Rif'an Maulana¹

¹Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: vivin@polibatam.ac.id

Abstrak—Proses manufaktur *Printed Circuit Board (PCB)* melibatkan banyak proses salah satunya yaitu *Surface finishes*. Salah satu jenis *Surface finishes* yang biasa digunakan yaitu *Immersion tin*. *Immersion tin* adalah salah satu proses *Surface finishes* yang menggunakan timah murni pada prosesnya. *Immersion tin* berfungsi melindungi tembaga dari oksidasi dan membuat permukaan tembaga atau *pad* mudah disolder. Kebersihan *pad* dan ketebalan hasil *Immersion tin* mempengaruhi kualitas PCB yang dihasilkan. Oleh karena itu peneliti melakukan evaluasi kualitas hasil proses *Immersion tin* dengan menggunakan metode DOE (*Design of Experiment*). Dimana metode ini dapat membantu dalam menentukan parameter yang optimal. Untuk Variabel yang digunakan yaitu *storage time after microetch* dan *immersion in tin bath*. Dalam proses penelitian didapatkan PCB mengalami perubahan morfologi pada 23 jam setelah disimpan di *storage*. Hal tersebut disebabkan oleh adanya kelembapan yang masih terdapat pada PCB akibat dari kurang maksimal pada saat proses pengeringan (*drying*). Pada penelitian ini Solder Coating *Thickness* yang optimal pada sampel ke-14 dengan hasil sebesar 4.59 μm dan dengan parameter *storage time after microetch* selama 50 menit dan *immersion in tin bath* selama 120 menit. Untuk kebersihan *pad* yang paling optimal terdapat pada sampel ke-5 dan ke-12 dengan parameter *storage time after microetch* selama 30 menit dan 60 menit dan ditandai dengan tidak adanya kontaminasi pada *pad* tersebut. Selain itu juga, Pada penelitian ini terdapat hasil *mapping* yang kurang optimal ditandai dengan hanya terdapat 1 bagian dari 1 sampel yang terkandung timah dari 16 sampel pengujian. Sampel tersebut yaitu sampel ke-3 dengan parameter *storage time after microetch* selama 10 menit dan *immersion in tin bath* selama 55 menit dengan kandungan *tin* yaitu 91.9 %.

Kata Kunci: *Immersion tin*, PCB, *Surface finish*

Abstract—The PCB manufacturing process involves many processes, one of which is *surface finishes*. One type of *surface finishes* commonly used is *immersion tin*. *Immersion tin* is a *surface finishes* process that uses pure tin in the process. *Immersion tin* protects the copper from oxidation and makes the copper surface or *pad* easy to solder. The cleanliness of the *pad* and the thickness of the *immersion tin* affect the quality of the PCB produced. Therefore, the researchers evaluated the quality of the results of the *immersion tin* process using the DOE (*Design of Experiment*) method. Where this method can help in determining the optimal parameters. The variables used are *Storage Time After Microetch* and *Immersion in tin Bath*. In the research process it was found

that PCBs underwent morphological changes at 23 hours after being stored in storage. This is caused by the presence of moisture that is still present on the PCB as a result of not being optimal during the drying process. In this study, the optimal solder Coating Thickness in the 14th sample was 4.59 μm and with the parameters *Storage Time After Microetch* for 50 minutes and *Immersion in tin Bath* for 120 minutes. For the most optimal *pad* cleanliness found in the 5th and 12th samples with the *Storage Time After Microetch* parameter for 30 minutes and 60 minutes and marked by the absence of contaminants on the *pad*. In addition, in this study there were less than optimal mapping results marked by only 1 part of 1 sample containing tin from 16 test samples. The sample is the 3rd sample with the parameter *Storage Time After Microetch* for 10 minutes and *immersion in tin Bath* for 55 minutes with a tin content of 91.9%.

Keyword: *Immersion tin*, PCB, *Surface finish*

I. PENDAHULUAN

SEIRING berkembangnya zaman, segala kebutuhan sehari-hari membutuhkan sebuah perangkat elektronik. Perangkat elektronik merupakan suatu kumpulan dari beberapa komponen yang dirangkai membentuk suatu sistem atau alat. Perangkat elektronik yang biasa digunakan seperti *handphone*, televisi, komputer dan masih banyak lainnya. Didalam perangkat elektronik tersebut terdapat berbagai macam rangkaian dan komponen elektronik yang diletakkan pada sebuah papan yang disebut PCB.

PCB merupakan sebuah papan yang terdapat komponen-komponen elektronika yang dirangkai membentuk suatu rangkaian dan dihubungkan melalui jalur konduktor berupa tembaga. Terdapat tiga jenis dari PCB diantaranya yaitu *single sided*, *double sided* dan *multi-layer*. *Single sided* yaitu jenis PCB yang memiliki jalur tembaga hanya satu sisi. *Double sided* yaitu jenis PCB yang memiliki tembaga pada dua sisi. Sedangkan, *multi-layer* yaitu jenis PCB yang memiliki beberapa lapisan tembaga yang disusun [1]. Proses manufaktur untuk sebuah *printed circuit board (PCB)* memiliki banyak proses yang kompleks. *Teaching Factory Manufacturing of Electronics (TFME)* Politeknik Negeri Batam telah memiliki alat yang cukup lengkap untuk proses PCB Manufaktur.

Pada proses manufaktur PCB, dimulai dari *design* dan diakhiri *routing*. Salah satu proses pada manufaktur PCB yang

kritikal adalah *surface finishes*. Proses *surface finishes* dapat diartikan sebuah proses yang bertujuan untuk melindungi permukaan *pad* dengan menggunakan lapisan pelindung untuk menjaga kemampuan solder [2], [3]. Pada proses *surface finishes* ini terdapat berbagai metode diantaranya yaitu *immersion silver*, *immersion tin*, OSP, ENIG, dan ENEPIG.

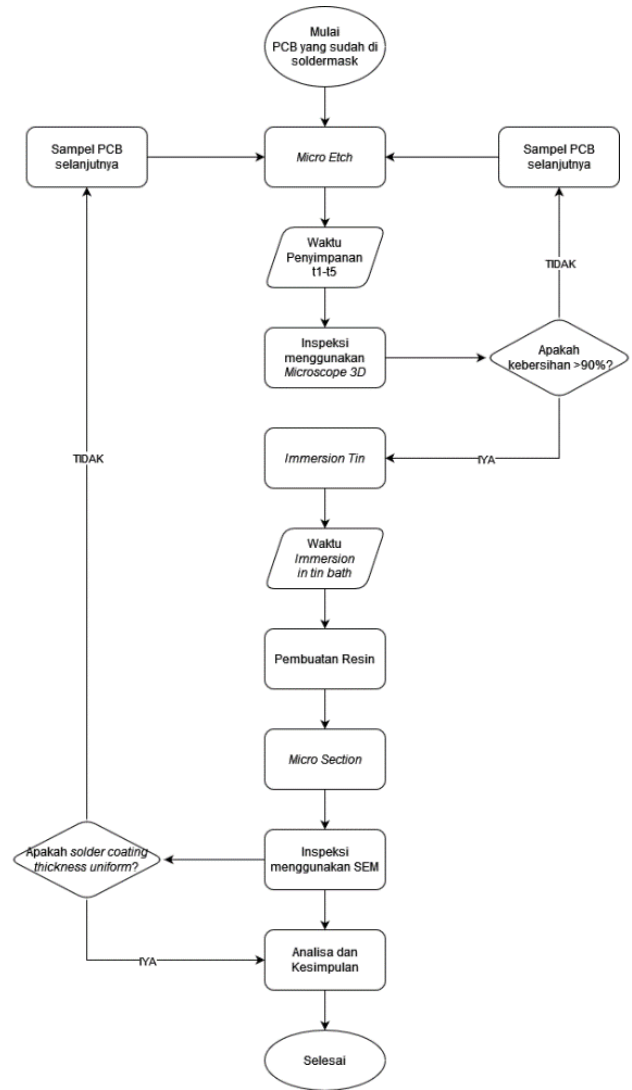
Pada penelitian sebelumnya berjudul “*Design of Experiment (DoE) immersion tin plating* di TFME Politeknik Negeri Batam” membahas mengenai cara mendapatkan parameter proses *immersion tin* yang tepat serta mendapatkan hasil berupa ketebalan pelapisan timah yang sesuai atau mendekati IPC-4554 [4], [5]. Pada penelitian ini lebih merujuk dalam kriteria berupa *solderability* dan *solder coating thickness* sesuai standar IPCA600.

IPCA600 menjelaskan kriteria kelayakan untuk PCB yang berfungsi sebagai tolak ukur atau aturan yang digunakan oleh produsen dan pelanggan mereka. Serangkaian aturan ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa PCB yang dibuat memiliki performa dan keandalan. Untuk itu maka diperlukan sebuah optimalisasi pada *immersion tin*. Optimalisasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan DOE (*design of experiment*) [6]–[11]. Keunggulan dari metode ini adalah dapat mencari parameter yang optimal dalam beberapa percobaan. Selain itu, metode DOE dapat menentukan efek individual dan interaktif dari berbagai faktor yang dapat memengaruhi hasil percobaan. Sehingga pada akhirnya dapat menemukan hasil yang optimal pada proses *surface finishes* menggunakan *immersion tin* [12]–[17].

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode DOE dengan memberikan perlakuan berbeda pada masing-masing *variable*. Dalam proses mengerjakan *project* ini diperlukan *flowchart*, dimana *flowchart* didapat setelah melakukan observasi. Tujuannya yaitu untuk menggambarkan tahapan proses pada *project* ini agar pembaca mengerti setiap tahapan prosesnya. Adapun langkah pengerjaannya dapat dilihat pada Gambar. 1.

Tahapan awal dimulai dari PCB yang telah di *solder mask* dan UV *Expose*. Setelah itu, PCB dimasukkan pada cairan *microetch* selama waktu yang ditentukan. Pada tahap selanjutnya, PCB disimpan pada tempat penyimpanan dengan selama waktu yang ditentukan. Sebelum masuk ke proses *immersion tin* PCB yang sudah disimpan akan dilakukan Inspeksi menggunakan Mikroskop 3D. Lalu apabila kebersihan dari permukaan tembaga sudah mencapai 90% maka akan masuk ke proses *immersion tin*, jika belum mencapai target maka dilakukan proses yang sama dengan sample yang berbeda dan waktu penyimpanan yang berbeda. Pada saat *tin plating*, PCB akan dimasukkan selama waktu yang ditentukan. Kemudian setelah proses *immersion tin* dilakukan, sampel akan dibentuk menggunakan resin. Setelah itu, sampel akan dilakukan *micro-section* dan dilakukan Inspeksi menggunakan *scanning electron microscope (SEM)* untuk mengukur Ketebalan dari *solder coating thickness* yang seragam (*uniform*) atau tidak. Setelah itu dilakukan analisa dan kesimpulan.



Gambar. 1. Flowchart penelitian

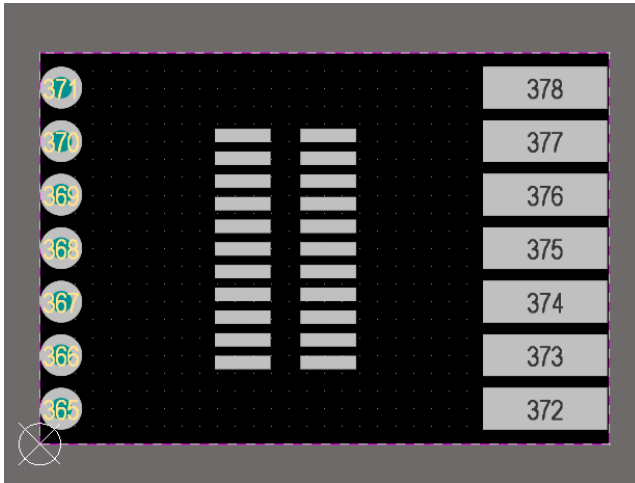
TABEL I
VARIABLE DAN LEVEL METODE DOE

Variabel	Level
Storage Time after Micro Etch(minutes)	10
	30
	60
	120
Immersion in tin Bath (minutes)	45
	50
	55
	60

Pada Tabel I dapat diuraikan hubungan antara parameter satu dengan yang lainnya dengan perlakuan/level yang berbeda. Dari uraian tersebut dapat ditentukan jumlah eksperimen yang akan dilakukan sebagai berikut:

- Eksperimen : X^n
- X : Jumlah level
- n : Jumlah variabel
- eksperimen : $4^2 = 16$

Pada pengujian ini menggunakan PCB FR-4 *double layer* [14] dengan *design PCB coupon test*, dapat dilihat pada Gambar. 2. *PCB coupon test* yaitu suatu cara untuk mengevaluasi hasil dari PCB. *PCB coupon test* didesain mewakili kondisi aktual dari PCB tersebut. Untuk desain *PCB coupon test* yang digunakan adalah jenis *W coupon* yang berguna untuk mengevaluasi kemampuan solder pada *surface mount land*. Hal tersebut mengacu kepada *standard IPC-2221B* [18]



Gambar. 2. Desain PCB

Adapun kriteria kelayakan hasil pengujian pada penelitian ini terlihat pada Gambar. 3. Kriteria kelayakan ini mengacu pada *standard IPC-A-600 revisi K* [19].



Gambar. 3. Kriteria kelayakan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi kualitas proses *immersion tin* terdiri dari pengukuran suhu dan kelembapan tempat penyimpanan PCB, pengamatan terhadap morfologi PCB setelah proses *Immersion tin*, pengamatan kebersihan *pad* serta pengukuran ketebalan lapisan *tin* pada permukaan *pad*.

A. Pengukuran suhu dan kelembapan storage

Dalam melakukan percobaan terdapat parameter yang perlu diperhatikan diantaranya yaitu suhu dan kelembapan dari penyimpanan (*storage*) berikut data yang didapatkan dari pengukuran suhu dan kelembapan dari penyimpanan seperti terlihat pada Gambar. 4. dan Tabel II.



Gambar. 4. Hasil pengukuran suhu dan kelembapan *storage*

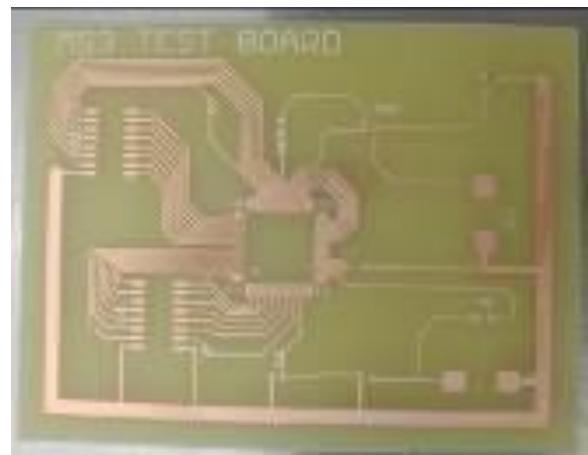
TABEL II
PENGUKURAN SUHU DAN KELEMBAPAN

Suhu (<i>In</i>)	25,1 °C
Suhu (<i>Out</i>)	24,3 °C
Kelembapan	46 %RH

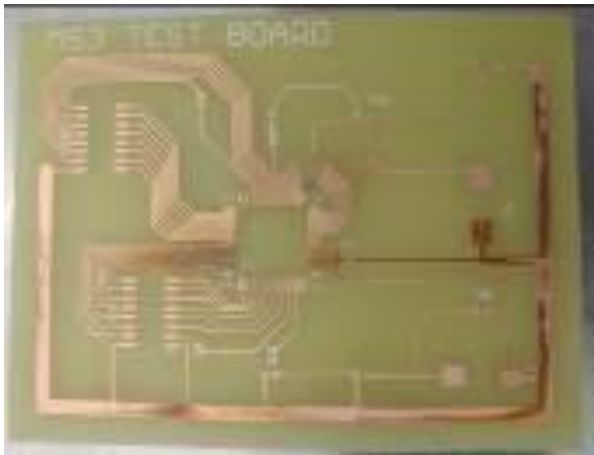
Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, dapat disimpulkan bahwa tempat penyimpanan yang akan digunakan dapat dijadikan sebagai tempat penyimpanan PCB dikarenakan tempat penyimpanan tersebut masih mengacu dalam kriteria tempat penyimpanan berdasarkan *IPC -1601* [20].

B. Perubahan morfologi pada PCB

Pada penelitian ini dilakukan juga pengamatan terhadap kebersihan *pad* dalam penyimpanan pada *storage* dengan rentang waktu 1 hingga 7 hari.



Gambar. 5. Permukaan PCB setelah proses *microetch*, *rinsing* dan *drying*

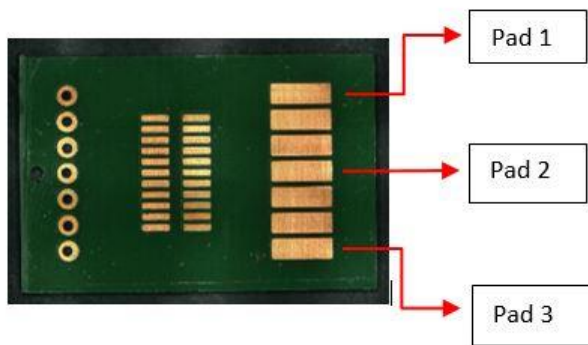


Gambar. 6. Permukaan PCB setelah disimpan selama 3 hari

Berdasarkan Gambar. 5. dan Gambar. 6. menunjukkan bahwa perubahan permukaan terjadi pada hari ke 3 setelah disimpan didalam tempat penyimpanan. Hal ini disebabkan adanya kelembapan yang ada pada permukaan tembaga PCB akibat proses *drying* (pengeringan) yang kurang baik.

C. Pengamatan kebersihan pad

Sebelum dilakukan proses *immersion tin* PCB terlebih dahulu dilakukan proses *microetch* yang bertujuan menggerus atau membersihkan permukaan *pad* pada PCB dari kontaminan. Untuk melakukan pengukuran berupa kebersihan *pad* dilakukan sebanyak 3 kali menggunakan microscope digital (Keyence) dengan posisi *pad* PCB seperti pada Gambar. 7.



Gambar. 7. Posisi pad sampel pada PCB

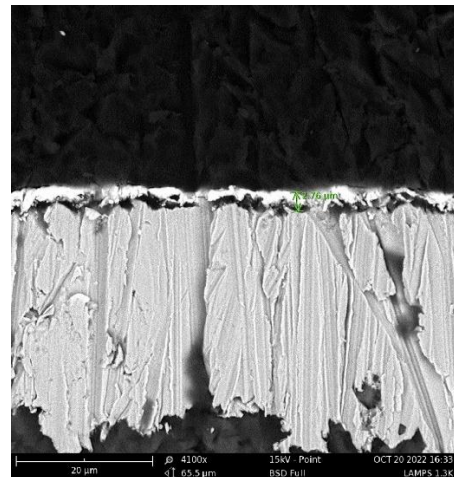
Dari hasil pengukuran kebersihan *pad* didapatkan sampel yang memiliki kebersihan yang baik yaitu pada sampel 5 dengan parameter *storage after microetch* selama 30 menit dan sampel 12 dengan parameter *storage after microetch* selama 60 menit dengan ditandai tidak ada kontaminan pada permukaan tersebut, seperti terlihat pada Tabel III.

TABEL III
PENGAMATAN KEBERSIHAN PAD

Sampel 5, Storage Time after MicroEtch (30 menit)	
Pad 1	
Pad 2	
Pad 3	
Sampel 12, Storage Time after Micro Etch (30 menit)	
Pad 1	
Pad 2	
Pad 3	

D. Pengukuran hasil Solder Coating Thickness

Setelah melakukan proses *immersion tin* PCB selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap *solder coating thickness* untuk memeriksa ketebalan dari hasil proses *immersion tin*. Pada pengukuran ini menggunakan alat SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan perbesaran antara 2000 hingga 4100, salah satu gambar yang didapat dari SEM ditunjukkan pada Gambar. 8.



Gambar. 8. Pengukuran menggunakan SEM.

Tabel IV menunjukkan ketebalan solder *coating* pada sampel 1-16. Berdasarkan Tabel IV terdapat data yang tidak mencapai minimum dari spesifikasi yang telah ditentukan. Spesifikasi yang digunakan yaitu menurut IPC 4554 untuk ketebalan *immersion tin* yaitu 1 μm . Data yang tidak mencapai minimum yaitu terjadi pada sampel ke-2 dan ke-9. Dengan capaian untuk sampel ke-2 pada data ke-1 yaitu 0.93 μm dan untuk sampel ke-9 pada data ke-2 yaitu 0.70 μm .

TABEL IV
PENGUKURAN KETEBALAN SETELAH PROSES IMMERSION TIN

Sampel	Parameter		Solder Coating Thickness (μm)			Mean (μm)
	Immersion in tin Bath	Storage Time	1	2	3	
1	45	10	1,50	1,75	1,39	1,55
2	50	10	0,93	1,75	1,94	1,54
3	55	10	1,65	1,75	1,80	1,73
4	60	10	1,69	2,01	1,85	1,85
5	45	30	1,85	1,75	1,66	1,75
6	50	30	2,98	1,90	2,83	2,57
7	55	30	1,62	1,43	1,76	1,60
8	60	30	2,02	1,73	1,82	1,86
9	45	60	1,85	0,70	1,51	1,35
10	50	60	1,90	1,70	1,89	1,83
11	55	60	1,67	1,82	2,15	1,88
12	60	60	2,77	2,50	2,83	2,70
13	45	120	2,46	2,12	1,66	2,08
14	50	120	4,59	3,23	3,54	3,79
15	55	120	2,19	2,27	3,69	2,72
16	60	120	3,54	2,25	2,76	2,85

Gambar. 9. menunjukkan sampel yang hanya memiliki kandungan *tin* (timah) di permukaannya terdapat pada sampel ke-3 dengan kandungan timah sebesar 91.9% dan dengan parameter *storage time after microetch* selama 10 menit dan *immersion in tin bath* selama 55 menit. Dari 16 sampel yang ada hanya 1 bagian dari 1 sampel yang memiliki *tin* (timah) di permukaannya. Hal ini membuktikan bahwa cairan yang digunakan pada proses *immersion tin* kurang baik untuk digunakan dikarenakan kandungan timah yang terdapat pada permukaan PCB hasil proses *immersion tin* sedikit.

Sampel	Kandungan (1) %					Kandungan (2) %					Kandungan (3) %				
	Am	C	O	Sn	Unsur lain	Am	C	O	Sn	Unsur lain	Am	C	O	Sn	Unsur lain
1	-	36,8	63,2	-	-	32,5	67,5	-	-	-	22,4	60,7	-	-	16,9
2	-	32,1	67,9	-	-	-	31,9	68,1	-	-	-	31,4	68,6	-	-
3	-	34	66	-	-	98,4	0,5	1,1	-	-	-	8,1	-	91,9	-
4	-	28,9	71,1	-	-	-	30,9	69,1	-	-	-	28,6	71,4	-	-
5	95,3	4,7	-	-	-	94,3	5,7	-	-	-	98,4	1,6	-	-	-
6	-	27,4	72,6	-	-	98,9	1,1	-	-	-	-	100	-	-	-
7	99	1	-	-	-	98,9	1,1	-	-	-	1,3	98,7	-	-	-
8	98,6	1,4	-	-	-	99	1	-	-	-	99	1	-	-	-
9	98,8	1,2	-	-	-	98,4	1,6	-	-	-	98,7	1,3	-	-	-
10	63,1	36,9	-	-	-	-	100	-	-	-	93,6	6,4	-	-	-
11	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	64,3	35,7	-	-	-
12	98,8	1,2	-	-	-	98,5	1,5	-	-	-	98,6	1,4	-	-	-
13	99,3	0,7	-	-	-	97,6	2,4	-	-	-	97,9	2,1	-	-	-
14	98	2	-	-	-	98,3	1,7	-	-	-	98,3	1,7	-	-	-
15	-	22,4	77,6	-	-	99,5	0,5	-	-	-	-	100	-	-	-
16	99,1	0,9	-	-	-	-	100	-	-	-	99,4	0,6	-	-	-

Gambar. 9. Pengukuran ketebalan setelah proses *immersion tin*

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan Tabel IV sampel ke-2 dan ke-9 parameter yang digunakan pada kedua sampel tersebut tidak direkomendasikan untuk digunakan dikarenakan hasil dari pengukuran tersebut tidak mencapai minimum *standard*. Sedangkan, untuk sampel lainnya sudah mencapai minimum *standard*. Namun, dari sampel yang sudah mencapai minimum *standard* terdapat parameter yang dapat direkomendasikan untuk digunakan yaitu dengan parameter *storage time after microetch* selama 50 menit dan *immersion in tin bath* selama 120 menit. Berdasarkan Gambar. 9. dapat disimpulkan bahwa perlu penelitian lebih mendalam lagi terkait proses *immersion tin*, hal ini ditunjukkan dengan sedikitnya sampel yang memiliki lapisan *tin* sesuai kriteria kelayakan pada permukaan *pad*.

REFERENSI

- [1] C. F. C. Jr. and H. T. Holden, *Printed Circuits Handbook*. McGraw-Hill Education, 2016. Accessed: Jun. 23, 2023. [Online]. Available: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071833950>
- [2] L. M. C. Sagis, "Determination of Mechanical Properties of Microcapsules," *Microencapsulation and Microspheres for Food Applications*, pp. 195–205, Jan. 2015, doi: 10.1016/B978-0-12-800350-3.00010-8.
- [3] "Printed Circuit Board Surface Finishes - Advantages and Disadvantages." <https://www.epectec.com/articles/pcb-surface-finish-advantages-and-disadvantages.html> (accessed Jun. 23, 2023).
- [4] A. Jankovic, G. Chaudhary, and F. Goia, "Designing the design of experiments (DOE) – An investigation on the influence of different factorial designs on the characterization of complex systems," *Energy Build*, vol. 250, p. 111298, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2021.111298.
- [5] IPC, "Specification for Immersion Tin Plating for Printed Circuit Boards." IPC, 2013.
- [6] J. Antony, E. Viles, A. F. Torres, T. I. de Paula, M. M. Fernandes, and E. A. Cudney, "Design of experiments in the service industry: a critical literature review and future research directions," *TQM Journal*, vol. 32, no. 6, pp. 1159–1175, Nov. 2020, doi: 10.1108/TQM-02-2020-0026.
- [7] A. Permana, H. H. Purba, and S. Hasibuan, "Design of Experiment (DOE) Analysis with Response Surface Method (RSM) to Optimize the Electroplating Parameter," *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, vol. 12, no. 2, pp. 99–109, Nov. 2021, doi: 10.21512/COMTECH.V12I2.6998.
- [8] A. Jankovic, G. Chaudhary, and F. Goia, "Designing the design of experiments (DOE) – An investigation on the influence of different factorial designs on the characterization of complex systems," *Energy Build*, vol. 250, p. 111298, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2021.111298.
- [9] "Sample Statistics and their Distributions," pp. 245–283, Sep. 2015, doi: 10.1002/9781118799635.CH6.
- [10] D. C. Montgomery, *Simple Comparative Experiments*, 9th ed. John Wiley & sons, 2017.
- [11] B. Durakovic, "Design of experiments application, concepts, examples: State of the art," *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, vol. 5, no. 3, pp. 421–439, Dec. 2017, doi: 10.21533/PEN.V5I3.145.
- [12] M. A. R. Arazna, A. Krolikowski, G. Koziol, and J. Bielinski, "The corrosion characteristics and solderability of immersion tin coatings on copper," *Materials and Corrosion*, vol. 64, no. 10, pp. 914–925, Oct. 2013, doi: 10.1002/MACO.201106434.
- [13] M. A. R. Adawiyah, O. S. Azlina, N. A. Fadil, S. R. Aisha, and M. A. A. Hanim, "Electroless and Immersion Plating Process towards Structures and IMC Formation," *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 8, no. 6, pp. 2558–2570, Dec. 2016, doi: 10.21817/IJET/2016/V8I6/160806210.
- [14] IPC, "Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards," *IPC-6012D*. IPC, 2015.

- [15] IPC-2221/2222 Task Group, "IPC-2222A Sectional Design Standard for Rigid Organic Printed Boards," Bannockburn, Illinois, Dec. 2010.
- [16] IPC, "IPC-A-600J (Acceptability of Printed Boards)," pp. 1–180, Apr. 2010.
- [17] IPC, "Printed Board Handling and Storage Guidelines, IPC-1601A." 2016.
- [18] IPC, "Generic Standard on Printed Board Design (IPC-2221 - Revision B - Standard Only)," *IPC*. 2013.
- [19] IPC, "Acceptability of Printed Boards (IPC-A-600 Revision K)," *IPC*. IPC, 2020.
- [20] IPC, "Printed Board Handling and Storage Guidelines (IPC-1601A)," *IPC*. IPC, 2016.