

# MODIFIKASI MESIN TRIM FORM PADA PROSES PENGEMASAN *INTEGRATED CIRCUIT* UNTUK PENURUNAN *DAMAGED LEAD*

Nur Sakinah Asaad<sup>1,2</sup>, Purwanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam

<sup>2</sup>Teaching Factory Manufacturing of Electronics (TFME), Politeknik Negeri Batam

Jalan Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

E-mail: nina.asaad@polibatam.ac.id

## Abstrak

Proses pengemasan *Integrated Circuit* (IC) pada kemasan *Low Profile Quad Flat Package* (LQFP) membutuhkan mesin *trim form* untuk pemotongan, pembentukan dan pemisahan kaki IC sebelum dipisahkan dari *lead frame*. Salah satu urutan proses pada mesin *trim form* adalah bagian *offload* yaitu penempatan IC ke dalam *tray* dengan modul *pick and place* termasuk didalamnya *turn table* dengan pergerakan buka tutup untuk menyesuaikan jarak antar kolom dari *leadframe* sebelum dipindahkan ke *tray*. Pergerakan buka tutup dari *turn table* ini berpengaruh terhadap cacat produksi *damaged lead*. Modifikasi ditujukan untuk deteksi dini ketidakselarasan pergerakan sehingga mesin dapat berhenti otomatis dan mengurangi cacat produksi melalui penambahan dua sensor *proximity* pada *turn table*. Hasil penelitian menunjukkan penurunan *error* pada *turn table* sebesar 88% dan *assembly yield* mencapai 99.985% atau terjadi peningkatan sebesar 0.07%.

**Kata kunci:** *Integrated Circuit*, *trim form*, *turn table*, *damaged lead*, LQFP

## Abstract

*Integrated circuit* (IC) packaging process of *Low Profile Quad Flat Package* (LQFP) needs the *trim form* machine for trimming, forming and splitting the IC leads before separated from the *lead frame*. One of the process sequences in *trim form* machine is *offloaded* sequence which is placement of IC units into the *tray* with the *pick and place* module including *turn tables* with open and close movements to adjust space between *lead frame* columns before being moved to a *tray*. The opening and closing of the *turn table* affects the *damaged lead* production defects. Modifications were intended for early detection of movement misalignment so that the engine can stop automatically and reduce production defects by adding two *proximity* sensors on the *turn table*. Based on the result of this research, the *error* on the *turn table* could be reduced to 88% with *assembly yield* achieved 99.985% or increased up to 0.07%.

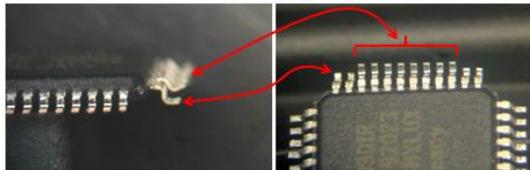
**Keywords:** *Integrated Circuit*, *trim form*, *turn table*, *damaged lead*, LQFP

## 1. Pendahuluan

*Back-End-of-Line* (BEOL) merupakan proses akhir dari dari tahapan fabrikasi *Integrated Circuit* (IC). Pada proses ini unit IC akan dikemas agar IC dapat lebih tahan terhadap panas dan lingkungan, serta mempunyai interkoneksi yang handal terhadap substrat yaitu *Printed Circuit Board* (PCB) [1-2]. Teknologi pengemasan IC berkembang mulai dari *through hole* seperti kemasan *Dual in-line Package* (DIP) sampai dengan kemasan *Surface Mount Technology* (SMT) berupa *Low Profile Quad Flat Package* (LQFP). Proses akhir dalam manufaktur

kemasan LQFP adalah *trim form*. *Trim form* adalah proses pemotongan, pembentukan dan pemisahan unit IC dari kerangkanya yang disebut dengan *lead frame*[3]. Proses *trim form* yang tidak sempurna dapat mengakibatkan kegagalan mekanik dan cacat pada kemasan IC yang dihasilkan[4-8]. Pada proses pengemasan LQFP diketahui bahwa faktor penyebab cacat kaki komponen adalah proses *trim form* serta penanganan material yang tidak sempurna [9]. Cacat kaki komponen dalam pengemasan IC yang terpengaruh oleh proses *trim form* akan disebut dengan *damaged lead*. Cacat ini terjadi karena adanya kontak mekanikal pada kaki IC, sehingga bentuk dan ukuran produk tidak sesuai dengan kriteria

penerimaan IC. Kontak mekanikal secara berlebihan akan menjadi penyebab kemiringan kaki IC ataupun patah. Gambar 1 menunjukkan *damaged lead* berupa kaki yang miring akibat kontak fisik dengan benda lain.

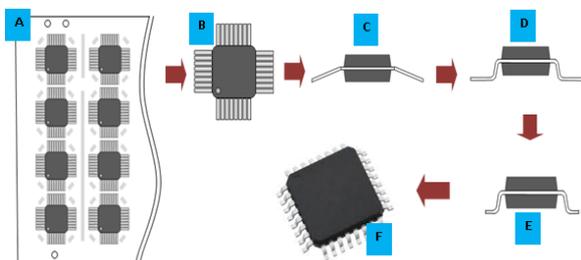


Gambar 1: *Damaged Lead*

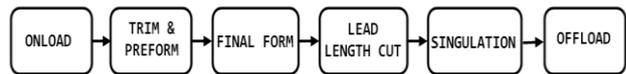
Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan cacat *damaged lead* akibat pemindahan unit IC LQFP yang tidak sesuai pada mesin *trim form* di bagian BEOL. Keberhasilan penelitian diindikasikan oleh peningkatan *assembly yield*, yaitu persentase keberhasilan hasil produksi tanpa cacat. *Assembly yield* untuk kemasan IC yang kompleks berada di atas 99%, dan perubahan persentase *assembly yield* akan berdampak besar pada biaya ekonomi[10]. Oleh karena itu, peningkatan *assembly yield*, menjadi target dari industri pengemasan IC.

## 2. Trim Form

Proses pengemasan IC LQFP pada mesin *trim form* terdiri atas enam tahapan yang ditunjukkan oleh gambar 2 dan 3. Proses (A) merupakan proses *onload* yaitu penempatan *lead frame* yang memuat delapan kemasan IC ke dalam mesin sebelum dilakukan *trim* atau pemotongan *dambar*, yaitu bagian dari *lead frame* yang menyatukan kaki-kaki komponen (B). Selanjutnya dilakukan *preform* dimana kaki IC dibengkokkan sebesar  $15^\circ$  (C) sebelum dibengkokkan kembali menjadi tipe *gull wing* yang disebut dengan proses *final form* (D). Panjang kaki IC akan dipotong sesuai dengan ukuran pada proses *lead length cut* (E) sebelum menjadi produk akhir berupa IC LQFP. Proses pemisahan unit IC dari *lead frame* menjadi unit satuan (F) dikenal dengan *singulation*. Produk satuan IC ditempatkan ke dalam wadah atau *tray* menggunakan modul *pick and place* dalam tahapan yang disebut *offload*.

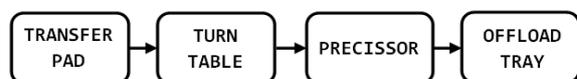


Gambar 2: Tahapan Pembentukan IC LQFP



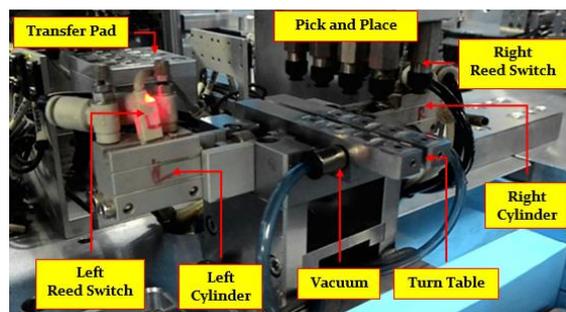
Gambar 3: Diagram Blok Mesin *Trim Form*

Tahapan *offload* terdiri atas beberapa bagian yang ditunjukkan oleh gambar 4. Bagian pertama adalah *transfer pad* yang tersusun secara matriks empat baris dua kolom sehingga terdapat 16 unit dalam sekali proses transfer. Unit selanjutnya berpindah ke bagian *turn table* untuk penyesuaian jarak antar kolom menjadi lebih kecil dengan cara menutup landasan meja sehingga unit dapat ditransfer ke bagian *precissor*. *Precissor* merupakan tempat transisi unit sebelum dipindahkan ke dalam wadah yang selanjutnya disebut *tray*. Pada proses akhir, unit-unit ini akan dipindahkan ke *tray* pada bagian *offload tray*.



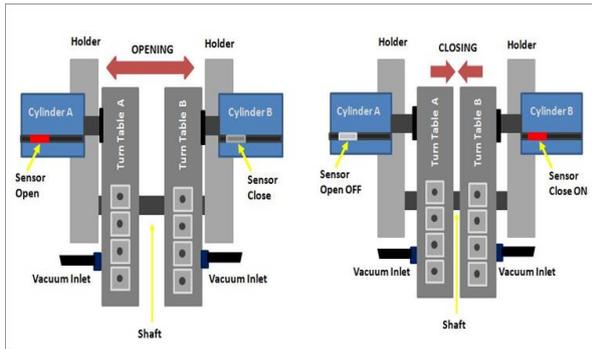
Gambar 4: Diagram Blok *Offload*

*Turn table* terdiri atas dua meja yang bergerak membuka dan menutup. Mekanisme pergerakan meja dilakukan oleh dua silinder elektropneumatik dan dibatasi oleh dua sensor *reed switch*. Sensor berfungsi untuk mendeteksi posisi silinder pada saat membuka dan menutup. Sensor kiri berfungsi sebagai sensor batas pada saat membuka sedangkan sensor kanan untuk batas pada saat menutup. Pada mesin terdapat saluran vakum yang berfungsi untuk menahan posisi unit-unit IC di atas meja agar tetap stabil. *Pick and place* akan memindahkan unit IC dari *turn table* ke bagian *precissor*. Tampilan awal dari *turn table* ditunjukkan oleh gambar 5.



Gambar 5: *Turn Table*

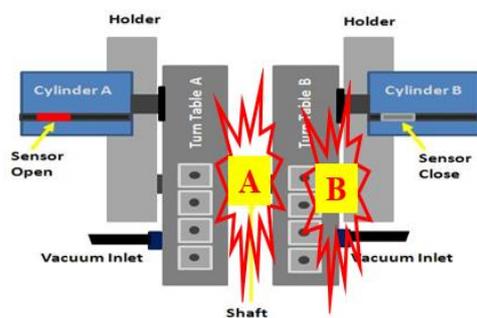
Mekanisme pergerakan *turn table* lebih detail ditunjukkan oleh gambar 6. Pergerakan buka tutup meja dilakukan untuk menyesuaikan lebar jarak antara IC dengan *tray* setelah dipisahkan dalam proses *singulation* sebelum ditransfer ke *precissor*. *Turn table* akan membuka selebar **16.7 mm** pada saat menerima IC dari *transfer pad* dan menutup dengan jarak **12 mm** ketika unit akan ditransfer ke *turn table*.



Gambar 6: Mekanisme Pergerakan pada Turn Table

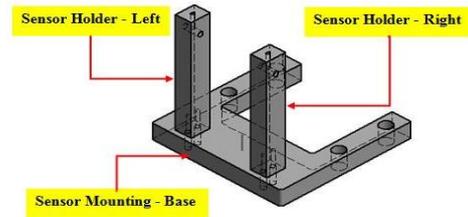
### 3. Desain Modifikasi Turn Table

Mekanisme pergerakan *turn table* sebelum proses modifikasi ditunjukkan oleh gambar 7. Sensor limit *open* dan *close* tidak dapat mendeteksi kesalahan posisi meja apabila terjadi kondisi meja yang miring/*misaligned* akibat terdapat unit IC yang jatuh atau obyek luar mengganjal pada area A dan B. Pada kondisi dengan unit atau obyek mengganjal pada area A, maka meja A tidak akan dapat menutup dengan sempurna. Karena sensor *close* pada silinder B tetap aktif, maka sistem tidak dapat mendeteksi kesalahan. Demikian pula sebaliknya, apabila terdapat unit atau obyek luar yang mengganjal pada area B, maka meja B tidak dapat membuka sempurna. Selain itu, sistem juga tidak akan dapat mendeteksi kesalahan yang disebabkan oleh sensor *open* pada silinder A yang tetap aktif.



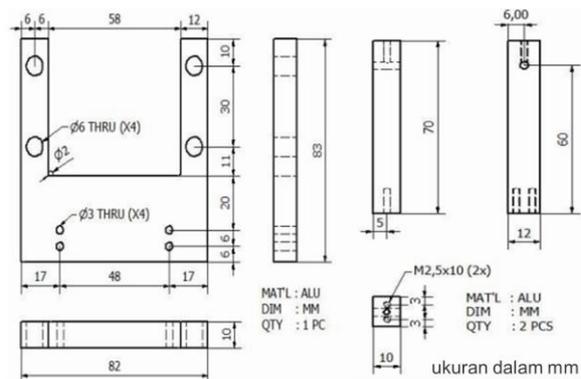
Gambar 7: Mekanisme Turn Table sebelum Dimodifikasi

Modifikasi dilakukan dengan penambahan dua sensor *proximity* untuk mendeteksi *turn table* pada saat kondisi membuka. Sensor *reed switch* yang telah terpasang sebelumnya pada kedua silinder dialihfungsikan untuk mendeteksi *turn table* pada saat kondisi menutup. Agar sensor *proximity* berfungsi dengan baik, maka ditambahkan dudukan sensor yang disesuaikan dengan kondisi *turn table*.



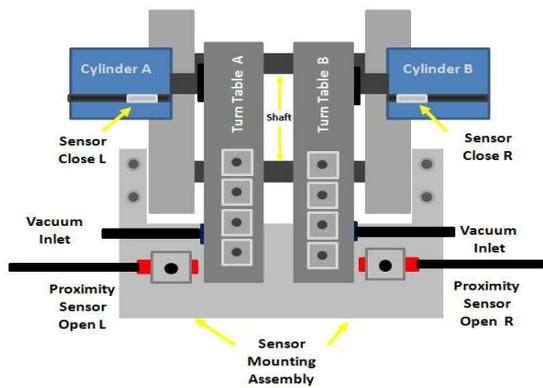
Gambar 8: Desain Dudukan Sensor

Dudukan sensor tambahan terdiri atas dua bagian utama yaitu bagian dasar (*sensor mounting*) sebagai dudukan dari sensor dan bagian pemegang sensor (*sensor holder*) kiri dan kanan sebagai penyangga sensor *proximity* dan berfungsi untuk melimitasi pembukaan kiri dan kanan dari pergerakan silinder *turn table*. Desain dudukan sensor pada gambar 8 diimplementasikan dari bahan aluminium dengan alasan ringan sehingga memudahkan pergerakan mesin. Bagian sensor *holder* kiri dan kanan didesain dengan bentuk dan ukuran yang sama. Detail dimensi dalam satuan mm dari dudukan sensor ditunjukkan oleh gambar 9.

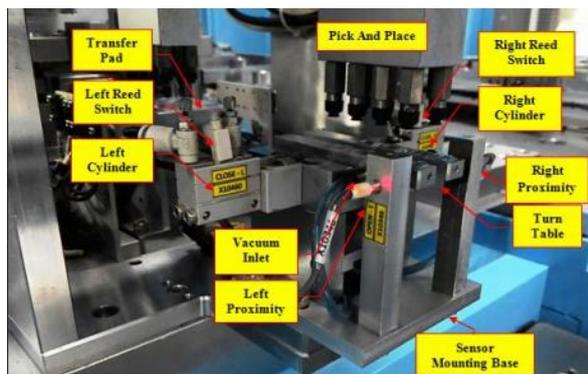


Gambar 9: Dimensi Dudukan Sensor

Langkah modifikasi dilakukan dengan perubahan fungsi sensor *reed switch* menjadi sensor untuk menutup kiri (*close L*) dan menutup kanan (*close R*), serta penambahan sensor *proximity* sebagai sensor untuk membuka kiri (*open L*) dan membuka kanan (*open R*). Kondisi kedua sensor kiri dan kanan harus terpenuhi apabila *turn table* bergerak membuka ataupun menutup. Apabila kondisi tidak dapat terpenuhi maka mesin akan mengirimkan pesan *error* dan menghentikan proses produksi. Pesan *error* ini tidak dapat dihilangkan apabila kondisi *turn table* belum kembali normal.



Gambar 10 : Mekanisme Turn Table setelah Dimodifikasi

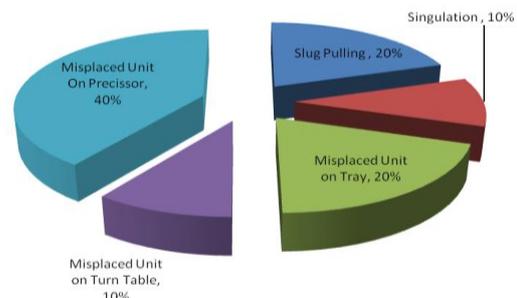


Gambar 11: Turn table hasil Modifikasi

Penempatan mesin *trim form* yang telah dimodifikasi secara lengkap dapat dilihat pada gambar 11. Tidak ada perubahan pada letak sensor *reed switch*. Dua sensor *proximity* ditempatkan pada bagian kiri dan kanan *turn table* untuk gerakan membuka meja dengan penambahan dudukan sensor pada bagian depan meja.

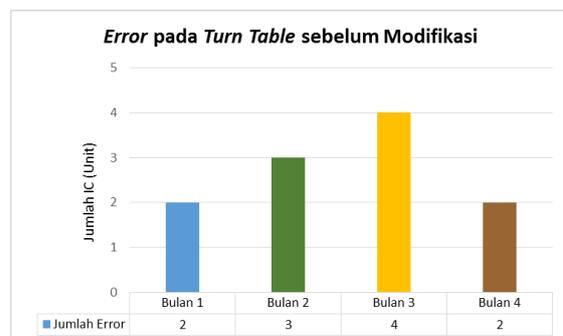
#### 4. Penurunan Damaged Lead

Modifikasi yang dilakukan pada penelitian ini dikhususkan untuk penurunan *damaged lead* pada kemasan LQFP. Data yang digunakan meliputi cacat unit yang terjadi di semua bagian mesin *trim form* selama empat bulan yang ditunjukkan oleh gambar 12. Cacat *damaged lead* sebagian besar terjadi karena *misplaced unit*, yaitu peletakan unit IC yang miring terhadap landasan atau tempat IC. *Slug pulling* adalah *damaged lead* yang terjadi pada proses pemotongan kaki IC (*lead length cut*) yaitu sebesar 20%. Cacat unit ini terjadi karena sisa potongan kaki IC tidak jatuh di bagian pembuangan. Sedangkan cacat di area *singulation* sebesar 10% terjadi karena proses pemisahan unit terkendala oleh *lead frame* yang bengkok atau modul *singulation* yang kotor. Data cacat yang terjadi di area *turn table* sebesar 10%, tetapi karena proses yang berurutan maka kesalahan pada *turn table* ini akan mengakibatkan cacat karena *misplaced unit* di area *precissor* sebesar 40% dan *tray* sebesar 20%. Dengan adanya proses modifikasi di area *turn table*, maka diharapkan terjadi penurunan *damaged lead* di area *turn table*.

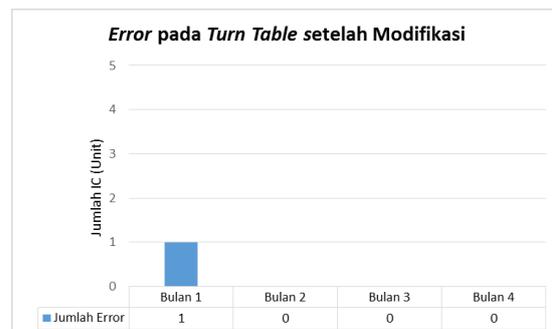


Gambar 12: Damaged lead pada Mesin Trim Form

Berdasarkan data pada grafik gambar 13 dan gambar 14 terlihat bahwa jumlah *error* yang terjadi pada mesin *trim form* mengalami penurunan yang signifikan, terutama pada tiga bulan terakhir setelah modifikasi tidak terdapat *error* pada mesin *trim form*. *Error* ini akan menyebabkan kegagalan produksi pada proses yang terjadi setelah tahapan ini sehingga penurunan *error* pada *turn table* akan meningkatkan jumlah unit IC yang dihasilkan tanpa kesalahan.

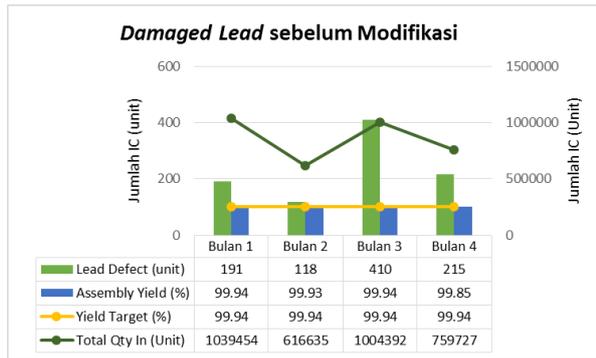


Gambar 13: Grafik Error pada Turn Table sebelum Modifikasi

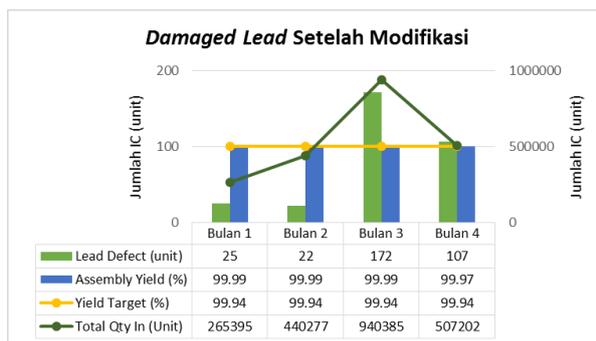


Gambar 14: Grafik Error pada Turn Table setelah Modifikasi

Perbandingan data hasil produksi sebelum dan sesudah modifikasi selama empat bulan dilakukan untuk melihat signifikansi hasil penelitian terhadap hasil produksi. Dari grafik pada gambar 15 dan gambar 16 terlihat penurunan jumlah unit yang mengalami cacat produksi *damaged lead* sangat signifikan sehingga *assembly yield* selama empat bulan dapat berada di atas *target* 99.94%.



Gambar 15: Grafik Damaged Lead sebelum Modifikasi



Gambar 16: Grafik Damaged Lead setelah Modifikasi

Perbandingan *error* dan *assembly yield* selama empat bulan ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1: Perbandingan *Error* dan *Assembly Yield*

Bulan	Error (Kali)			Assembly Yield (%)		
	Sebelum	Sesudah	Pengurangan	Sebelum	Sesudah	Peningkatan
1	2	1	50%	99.94	99.99	0.05%
2	3	0	100%	99.93	99.99	0.06%
3	4	0	100%	99.94	99.99	0.05%
4	2	0	100%	99.85	99.97	0.12%
	Rata-rata	0.25	88%	Rata-rata	99.985	0.07%

Hasil penelitian menunjukkan *assembly yield* stabil di atas target *yield* dengan rata-rata 99.985% atau terjadi peningkatan sebesar 0.07%. *Error* pada *turn table* berhasil dikurangi sebesar 88%.

## 5. Kesimpulan

Modifikasi *turn table* melalui penambahan dua sensor *proximity* pada mesin *trim form* berhasil menurunkan jumlah *error* pada area *turn table* sebesar 0.07%. Penurunan ini berdampak pada berkurangnya cacat produksi *damaged lead* pada kemasan LQFP sehingga terjadi peningkatan *assembly yield* sebesar 99.985%.

## Referensi

[1] H. Geng, "Semiconductor Manufacturing Handbook", Edisi Kedua, *Mc Graw Hill Education*, California, 2018.

[2] H. Ardebili, J. Zhang, M.G. Pecht, Encapsulation Technologies for Electronic Applications, Edisi Kedua, *Elsevier*, 2018.

[3] G. Kelly, The Simulation of Thermomechanically Induced Stress in Plastic Encapsulated IC Packages, *Springer Science+Business Media*, New York, 1999.

[4] Q. Qian., Yong Liu, Yumin Liu, H. Yang, Scott Irving., "TO220 Package Lead frame Optimization for Reducing Trim and Form Delamination by Simulation", *6th International Conference on Electronic Packaging Technology*, Shenzhen, China, 2005.

[5] Yong L., S. Irving, M. Rioux., "Delamination Modeling for IC Package with Multiple Initial Cracks", *53rd Electronic Components and Technology Conference*, Louisiana, USA, 2003.

[6] A. R. Uy , M.V. Picardal, P. Enriquez, A.C. Alaraz, Package Crack Resolution Through Low Stress Dambar Punch Design: A Six Sigma DMAIC Approach, *34th IEEE/CPMT International Electronic Manufacturing Technology Symposium (IEMT)*, Melaka, Malaysia, 2010.

[7] W.L. Chin, C.E. Tan, Norsholih Mohd Shauffi, Crack Die Elimination by Comprehensive Optimization Throughout All Assembly Process Steps, *IEEE 37th International Electronics Manufacturing Technology (IEMT) & 18th Electronics Materials and Packaging (EMAP) Conference*, 2016.

[8] K.A.Z. Abidin, K.C. Lee, I. Ibrahim, A. Zainudin, Problem Analysis at Semiconductor Company: A Case Study on IC Packages, *Journal of Applied Sciences 11*, 1937-1944, 2011.

[9] T.S. Kiong, I. Ruzaini, Kesvakumar, F.C.Seng, Package Warpage Challenges for LQFP 144 Lead CMOS 90 Device and it's Impact to Lead Coplanarity, *34th IEEE/CPMT International Electronic Manufacturing Technology Symposium (IEMT)*, Melaka, Malaysia 2010.

[10] S. Balasubramaniam, A.K. Sarwar, D. M. H. Walker, Yield Learning in Integrated Circuit Package Assembly, *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology*, Part C, Vol. 20, No. 2, April 1997.