



PENINGKATAN KUALITAS PRODUK DAN PRODUKTIFITAS PADA PROSES LASER MARKING PERANKITAN INTEGRATED CIRCUIT

Arif Rahman Hakim

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan

E-mail: arhakim88@yahoo.com

ABSTRAK

Proses cetak laser (laser marking) merupakan salah satu tahapan proses dalam perakitan Sirkuit Terpadu (Integrated Circuit, IC). Proses ini untuk memberi label pada unit IC dengan informasi perangkat, informasi perakitan dan merek produk. Salah satu jenis lead frame yang digunakan untuk perakitan IC adalah open end lead frame yang berpotensi mengalami kerusakan kaki-kaki IC pada unit ujung lead fram, sebagai akibat benturan yang keras pada saat lead frame memasuki bagian on loader dari mesin laser. Pada proses laser mark, lead frame akan didorong ke dalam ruang laser dengan menggunakan solid input pusher. Desain solid input pusher atau pendorong input yang akan mendorong lead farne dengan adanya kontak mekanis pada tepi leaf frame. Bagian produksi terus melaporkan adanya permasalahan kerusakan kaki-kaki IC yang terjadi saat memproses open end lead frame. Kerusakan kaki-kaki IC tersebut mencapai rate 54% dari kerusakan produk yang terjadi pada proses laser marking. Masalah ini telah menyebabkan production yield yang rendah dan pengerjaan ulang (rework) yang tinggi. Tim peneliti telah dibentuk untuk menganalisis masalah dan menemukan solusinya.

Melalui penelitian dan analisis data, tim menemukan akar permasalahan dan mengambil tindakan korektif yang sesuai. Solusi yang diusulkan adalah melakukan modifikasi desain input pusher dari desain sebelumnya yaitu tipe solid menjadi tipe U. Solusi ini mengurangi kerusakan kaki-kaki IC pada proses laser marking secara signifikan. Pengamatan awal menunjukkan bahwa desain baru mampu mengurangi sampai dengan 98% kerusakan kaki-kaki IC pada proses laser marking.

Kata kunci: Modifikasi desain, Mesin Laser, Kerusakan Kaki IC.

ABSTRACT

Laser marking process is one of the process steps in Integrated Circuit (IC) assembly manufacturing. This process is to mark the IC unit with the device information, assembly information and product brand. One type of lead frame used for IC assembly is open end lead frame which causing the individual lead on end unit prone to damage due to hard mechanical contact. At laser mark process, the lead frame will be pushed into the laser chamber by using a solid input pusher. The existing design of input pusher will push the lead by making contact with the edge of the lead frame. Production section keep observing the damage lead problem occurred when process the open-end lead frame. Damage lead was 54% of the defect occurred at laser mark process. This problem causing low yield and high rework. Team has been established to analyze the problem and found the solution.

Through investigation and analysis, team found the root cause of the problem and takes the appropriate corrective action. Design modification of input pusher from the previous design which was solid type to be U-type significantly reduces the damage lead at laser mark process. Initial observation showed that the new design able to reduce 98% of damage lead.

Key word: Design modification, Laser Machine, Damage Lead

1. PENDAHULUAN

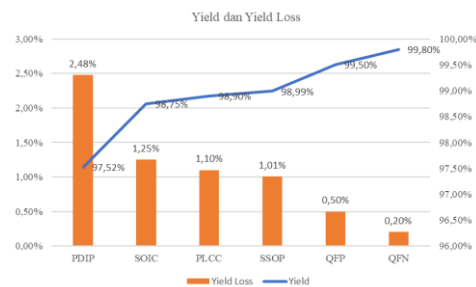
Sirkuit Terpadu atau yang dikenal dengan istilah Integrated Circuit (IC) adalah komponen elektronik penting yang digunakan secara luas dalam aplikasi elektronik. Komponen ini digunakan dalam industri produk konsumen, telekomunikasi, komputer dan otomotif. Persaingan global dan market driven mendorong perusahaan perusahaan dunia yang memproduksi IC untuk mensubkontrakkan manufaktur perakitan IC ke negara Asia. Salah satu negara yang dipilih oleh industri untuk menjadi lokasi pembuatan perakitan IC diluar negara mereka adalah Indonesia. Ada beberapa industry semikonduktor yang merakit IC yang terdapat di Indonesia. Salah satunya berada di kota Batam, propinsi Kepulauan Riau.

Terdapat beberapa pabrik perakitan IC yang berlokasi di Kawasan industri Batamindo Industrial Park Muka Kuning, Batam. Salah satunya adalah PT. Unisem yang merupakan salah satu dari 10 subkontraktor perakitan IC teratas di dunia. Di pabrik ini, IC dirakit mulai dari chip wafer hingga menjadi komponen IC yang siap untuk digunakan pada produk akhir. Chip merupakan bahan dasar IC berupa micro circuit pada bahan silicon yang dilapisi logam. Selanjutnya micro circuit tersebut dicetak pada permukaan logam dengan menggunakan proses photomasking. Lempengan silicon yang dilapisi lapisan logam tersebut dibuat berbentuk lingkaran. Lempengan tersebut dinamakan wafer. Adapun pada wafer tersebut bisa terdapat 5000 chip sampai dengan 10.000 chip, tergantung pada ukuran tuggal chip tersebut. Diameter wafer bervariasi dari 6 inches hingga 12 inches.

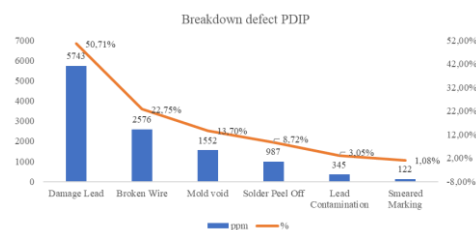
Pada produksi IC, wafer tersebut akan menjalani berbagai proses hingga menjadi IC yang siap digunakan. Pada masing-masing proses dapat saja terjadi kerusakan pada material produksi yang disebut dengan istilah defective atau unit yang rusak. Tugas insinyur yang bekerja sebagai insinyur proses adalah untuk meneliti penyebab defective dan memberikan solusi untuk mencegah atau mengurangi terjadinya defective pada masing masing proses. Hal ini bertujuan agar produktifitas dan kualitas produk meningkat sesuai dengan harapan pelanggan. Banyaknya defective pada proses produksi akan membuat yield produksi rendah. Yield ini didefinisikan

sebagai persentasi produk yang baik terhadap jumlah produksi. Yiled dinyatakan dalam persentase (%). Adapun untuk jumlah defective dinyatakan dalam satuan part per million (ppm).

Para insinyur proses menganalisis data produksi untuk jangka waktu 3 bulan. Data tersebut diperoleh dari data produksi dari masing masing proses. Hasil analisis terhadap data yang tersedia terlihat bahwa yield paling rendah terjadi pada produk IC tipe Plastic Dual Inline Package (PDIP). Breakdown dari defective yang terjadi memperlihatkan bahwa jenis defect yang mendominasi adalah kerusakan pada kaki- kaki IC (damage lead).



Gambar 1. Yield produksi



Gambar 2. Breakdown defect PDIP

2. TINJAUAN PUSTAKA

Integrated Circuit (IC) adalah komponen elektronik yang merupakan perpaduan berbagai komponen elektronik lainnya. Pada IC terdapat transistor, kapasitor, diode dan komponen elektronik lainnya.

Penemuan IC merupakan penemuan besar teknologi di abad ke 20. Dengan IC, produk elektronik dapat dibuat lebih kecil ukurannya dan lebih besar kemampuannya.



2.1 Pengertian IC

Pada suatu rangkaian elektronik, dapat terdiri dari berbagai macam komponen elektronik seperti resistor, diode, kapasitor, transistor. Pada periode awal perkembangan industri elektronik, komponen-komponen elektronik tersebut merupakan komponen yang terpisah, sehingga dihubungkan dengan menggunakan kabel ataupun kawat.

Perkembangan teknologi mampu memperkecil ukuran produk elektronik seperti televisi, radio, computer sehingga memungkinkan untuk dibawa kemana-mana dengan mudah. Hal ini disebabkan penemuan komponen elektronik yang disebut Integrated Circuit (IC). Sebelum adanya komponen ini, hampir semua peralatan elektronik terbuat dari satuan-satuan komponen atau komponen individual yang terhubung melalui kabel atau kawat sehingga ukurannya sangat besar. Dengan adanya komponen ini fungsinya adalah untuk membuat sebuah rangkaian pada perangkat elektronik menjadi bersifat portabel dan ukurannya terlihat lebih praktis.

Integrated Circuit (IC) adalah komponen elektronika semi konduktor yang merupakan gabungan dari berbagai komponen elektronik lain yang jumlahnya ratusan hingga ribuan komponen elektronik. Sehingga disebut sebagai rangkaian terpadu Integrated Circuit (IC). Meskipun terdiri dari komponen yang jumlahnya mulai dari ratusan hingga ribuan, namun bentuk serta ukuran komponen ini terbilang kecil. Komponen ini terbuat dari bahan semi konduktor, dimana bahan yang paling sering digunakan untuk membuat komponen ini adalah silikon.

Ada hal penting yang harus diperhatikan dari komponen IC ini, yaitu sifat komponen yang aktif. IC ini adalah komponen elektronika yang sifatnya aktif dan sensitif dengan pengaruh electrostatic discharge. Karena itu dibutuhkan penanganan khusus agar tidak terjadi kerusakan pada komponen ini.

2.2 Fungsi IC

Komponen IC memiliki fungsi yang berbeda-beda tergantung pada keperluan IC tersebut didesain. Jika ditinjau berdasarkan fungsinya, Integrated Circuit dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu, IC digital, IC linear dan Mixed IC.

2.3 Generasi IC

Pada awalnya perkembangannya, Integrated Circuit hanya bisa memuat beberapa transistor saja dalam sebuah chip. Hal ini disebabkan proses produksinya yang belum efisien serta ukurannya yang terlalu besar. Oleh karena jumlah komponennya belum terlalu banyak, maka proses desain IC tahap awal ini juga relatif mudah.

Dewasa ini IC telah berkembang sangat pesat dan jumlah komponen yang terintegrasi menjadi lebih banyak. Pengelompokan berdasarkan generasi IC perkembangan IC terbagi menjadi beberapa kelompok generasi sebagai berikut

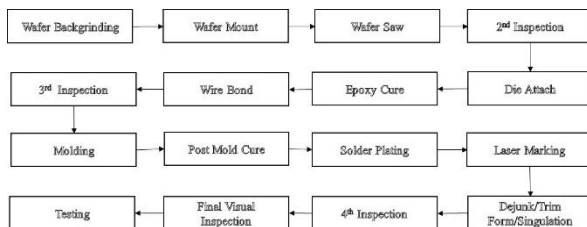
- a) Large Scale Integration (LSI), Medium Scale Integration (MSI) dan Small Scale Integration. Pada generasi awal perkembangan IC, Integrated Circuit hanya terdiri dari beberapa transistor dan karena itu pula diklasifikasikan sebagai Small Scale Integration (SSI). SSI digital hanya berisi beberapa gerbang logika dan beberapa lusin transistor. SSI ini digunakan untuk mempromosikan pengembangan sirkuit terintegrasi lainnya. Tak hanya itu, sirkuit terintegrasi ini juga pernah digunakan pada proyek kedirgantaraan awal.
- b) ULSI, WSI, SOC dan 3D-IC. Wafer Scale Integration (WSI) merupakan sistem desain sirkuit terintegrasi dengan ukuran sangat besar dan menggunakan seluruh wafer silikon dalam pembuatan chip super. Sementara sirkuit terintegrasi 3D mempunyai setidaknya 2 atau lebih komponen elektronik aktif dan terintegrasi secara horizontal maupun vertikal dalam sebuah sirkuit tunggal. Masing-masing lapisan komponen melakukan komunikasi melalui sinyal on-die. Hal inilah yang membuat penggunaannya jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan sirkuit ekuivalen yang dibuat terpisah.
- c) Very Large-Scale Integration (VLSI). Megabit RAM chip yang pertama diperkenalkan pada tahun 1986. Megabit chip ini di dalamnya berisi lebih dari satu juta transistor. Perkembangan mikroprosesor terus berlanjut dengan adanya chip mikroprosesor yang melewati jutaan

transistor. Megabit chip ini dikenalkan di tahun 1989. Hingga pada tahun 2007 mikroprosesor dengan sebuah chip yang berisi puluhan miliar transistor dikenalkan ke publik. kkkkkkkc

2.4 Pembuatan IC

Produksi perakitan Integrated Circuit di PT. Unisem berawal dari wafer yang diterima dari pelanggan sampai dengan produk akhir berupa Integrated Circuit (IC) yang sudah di test dan siap untuk digunakan pada produk elektronik. IC yang diproduksi di PT Unisem digunakan untuk industri barang-barang peralatan rumah tangga, alat komunikasi, computer dan otomotif.

Pelanggan selalu pemilik barang mengirimkan wafer ke PT. Unisem beserta dengan perintah kerja (Purchase Order) yang berisi tipe IC yang akan diproduksi, dengan Bill of Material yang telah mereka tentukan dan alamat pengiriman produk akhir. Selanjutnya Production Control akan membuat jadwal produksi dan menyerahkan wafer ke bagian produksi untuk dikerjakan. Pengerjaan wafer sampai akhirnya menjadi produk akhir mengikuti kepada process flow sebagai berikut.



Gambar 3. Process Flow perakitan IC

Proses awalnya adalah proses back grinding. Proses back grinding ini bertujuan untuk menipiskan ketebalan wafer sehingga ketebalan wafer berada dalam spesifikasi design rule yang telah ditentukan insinyur proses (Design Rules). Ketebalan wafer yang diijinkan berada dalam range maksimum 12 mil. Satu mil ini ekuivalen dengan 25 μ m. Wafer dengan ketebalan melebihi 12 mil berpotensi menghasilkan defect exposed wire pada proses molding. Wafer yang akan ditipiskan diberi lapisan plastic khusus yaitu plastic adhesive pada permukaan aktif. Tujuan memberi lapisan plastic tersebut adalah untuk

membuat wafer terikat sehingga proses back grinding dapat dilakukan. Selanjutnya pengrindaan (grinding) dilakukan sampai ketebalan yang ditentukan. Proses ini dilakukan dengan bantuan mesin automatic back grinding. Penanganan wafer harus dilakukan dengan sangat hati-hati, karena bahan wafer yang getas dan mudah pecah. Oleh karena itu, penanganan wafer dilakukan dengan mesin otomatis dan manual handling yang minimum.

Setelah proses wafer back grinding, selanjutnya wafer menjalani proses wafer saw. Pada proses ini wafer dipotong potong sesuai dengan jalur-jalur pemotongan yang ada pada wafer. Sebelum menjalani proses wafer saw, wafer di tempatkan pada suatu rangka (frame). Wafer direkatkan ke plastic khusus yang bersifat adhesive. Proses ini disebut proses wafer mount

Pada proses wafer saw, wafer dipotong potong sesuai ukuran chip, sehingga chip tersebut terpisah satu dengan yang lain. Namun demikian chip tersebut tidak terlepas karena masih terikat pada plastic adhesive. Pemotongan ini dilakukan oleh mesin secara otomatis. Setelah chip dipotong potong sesuai dengan ukurannya dan dilakukan inspeksi untuk mengetahui kualitasnya, maka selanjutnya chip ditempelkan di atas die paddle leadframe.

Proses selanjutnya adalah epoxy molding. Pada proses ini lead frame yang sudah ditempel chip ditutupi dengan material thermoset. Epoxy molding diinjeksi ke dalam cetakan yang disebut cavity dengan menggunakan mold press machine. *Epoxy compound* yang berbentuk berbentuk pellet diinjeksikan kedalam cetakan dengan tekanan piston paada temperature 180 \pm 5 $^{\circ}$ C selama 120 detik.

Selanjutnya material produksi tersebut dimasukkan ke dalam oven untuk menyempurnakan curing mold compound. Proses ini dilakukan selama 6 jam + 30 menit. Proses ini disebut Post Mold Cure (PMC). Untuk keperluan pemberian label identitas IC, maka dilakukan pencetakan informasi pada permukaan mold compound. Proses ini disebut dengan proses laser marking. Permukaan mold compound akan digrafir dengan menggunakan sinar laser.

Selanjutnya material produksi akan menjalani proses Solder Plating, yaitu proses pelapisan leadframe dengan Sn (timah). Tujuan pelapisan timah pada lead frame adalah untuk

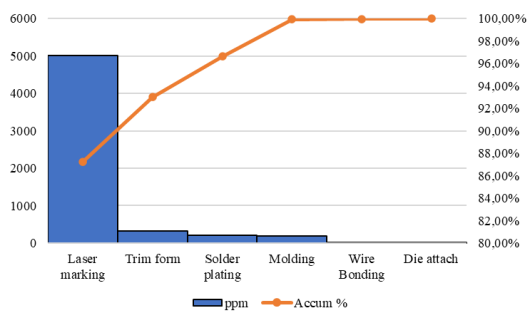
melindungi lead frame dari peristiwa oksidasi disamping mempermudah saat soldering pada pemasangan IC di papan circuit (PCB).

Psoses selanjutnya adalah trim forming atau singulation. Pada proses ini IC yang ada pada *lead frame* akan dipisah pisah menjadi IC tunggal. IC yang rusak akan dibuang dan yang dalam kondisi baik akan di test. Setelah pengetest-an IC tersebut dikirim ke pelanggan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa data produksi, observasi, interview, *Focused Group Discussion*, simulasi, *benchmarking*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Pareto *defect* pada IC tipe PDIP

Terlihat pada gambar diatas bahwa proses laser marking sebagai kontributor terbesar terhadap terjadinya defect damage lead. Selanjutnya tim mengkaji lebih lanjut tentang fenomena damage lead yang terjadi pada proses laser marking. Berdasarkan tipe *lead frame* yang digunakan untuk produksi, tim mengetahui bahwa damage lead pada umumnya terjadi pada tipe open end lead frame, 85,65% damage lead terjadi pada IC PDIP yang menggunakan open end lead frame.

Proses laser marking adalah proses untuk memberi label dipermukaan IC. Label tersebut berisi informasi nama device, kode manufaktur, nama pelanggan, nama negara dimana IC tersebut dirakit. Label ini memiliki tujuan yang penting untuk melakukan tracing jika terjadi masalah saat IC ini digunakan pada produk akhir. Sebagai contoh, IC yang diproduksi di PT Unisem digunakan oleh pelanggan pada industry

otomotif, sebagai pengontrol kecepatan, atau pengaturan pengereman, pengoperasian airbag dan lain sebagainya. Jika terjadi kecelakaan suatu kendaraan dan berdasarkan analisis insinyur menyimpulkan kecelakaan tersebut disebabkan IC yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya, maka pihak produsen otomotif yang bersangkutan akan melakukan tracing terhadap IC yang digunakan. Selanjutnya mereka melakukan Tindakan yang perlu untuk meitigasi akibat kegagalan IC, misalnya re-call semua kendaraan yang mereka produksi dengan menggunakan IC yang diproduksi dalam satu batch (lot).

Pada proses laser marking, produk yang masih terangkai pada sebilah lead frame yang utuh, di masukkan kedalam mesin (loading). Lead frame tersebut berada dalam suatu wadah yang disebut magazine. Selanjutnya lead frame didorong oleh input pusher untuk masuk ke track yang ada pada mesin. Di track ini lead frame digeret menuju firing chamber. Di dalam firing chamber permukaan IC akan mengalami engraving oleh sinar laser. Kedalaman engraving adalah 1 – 2 mils. Kedalaman engraving termasuk salah satu karakteristik kritikal. Engraving yang terlalu dalam berpotensi menyebabkan laser menembus hingga ke gold wire. Hal ini bisa menyebabkan gold wire putus dan IC menjadi tidak berfungsi. Sedangkan engraving yang terlalu dangkal menyebabkan label tidak mudah terbaca. Lama waktu yang dibutuhkan oleh lead frame mulai dari diletakkan ke atas track, mengalami laser firing dan didorong keluar, membutuhkan waktu 20 – 25 detik per lead frame. Waktu untuk firing 15 – 20 detik. Panjang track adalah 75 cm. Dengan demikian lead frame digeret diatas track dengan kecepatan berkisar 15 cm/detik.

Tim melakukan brainstorming untuk mengidentifikasi potensi penyebab terjadinya defect damage lead di proses laser marking. Pada sesi brainstorming ini, tim meminta pendapat dan masukan dari para teknisi, operator dan anggota tim. Seluruh potensi penyebab masalah ditinjau dan dikaji dan selanjutnya dituangkan dalam bentuk diagram tulang ikan (fishbone diagram).

Setelah melakukan sesi brainstorming, tim memperoleh 8 potensi penyebab terjadinya damage lead di proses laser marking. Selanjutnya



tim melakukan verifikasi dan konfirmasi terhadap seluruh potensi penyebab masalah.

Tabel 1. Potensial penyebab masalah

No	POTENTIAL CAUSE	Verified by	Result
1	Technicians are careless when checking the track width.	Adi	Not confirmed
2	Poor design Input Pusher	Tarno	Confirmed
3	Unbalanced width of i/p & o/p track	Sugi	Not confirmed
4	Poor design of output stopper	Adi	Confirmed
5	Mold flash on work piece	Tarno	Not confirmed
6	Type of lead frame which is open lead frame	Sugi	Confirmed
7	None standard position of Ejector Pin	Sugi	Confirmed
8	Uncontrolled out put roller motor	Tarno	Not confirmed

Dari 8 potensi penyebab, 4 diantaranya dikonfirmasi sebagai potensi penyebab masalah damage lead. Untuk selanjutnya, tim melakukan observasi terhadap proses laser marking. Agar memahami lebih baik tentang potensi penyebab masalah, tim membuat diagram skematik pergerakan produk di dalam mesin.

Tim melakukan sesi brainstorming untuk mendapatkan ide solusi terbaik untuk menghilangkan potensi penyebab masalah damage lead di proses laser marking.

Adapun solusi yang disampaikan pada sesi brainstorming adalah sebagai berikut.

- Menetapkan posisi standar ejector pin. Sehingga setiap teknisi memiliki referensi yang sama pada saat melakukan set up mesin laser marking. Posisi standar ejector pin ditentukan dan diklasifikasikan sebagai hal penting untuk diperiksa saat melakukan set up mesin. Penetapan standar merupakan upaya untuk mengurangi variasi. Solusi ini bersifat behavioral. Dokumen kerja harus direvisi untuk mendokumentasikan posisi standar ejector pin sebagai hal yang wajib dilakukan teknisi. Semua teknisi wajib menggunakan dokumen kerja sebagai pedoman saat mengatur mesin. Oleh karena itu membutuhkan kedisiplinan teknisi untuk menerapkannya. Fungsi supervisor produksi dibutuhkan sebagai auditor terhadap kepatuhan teknisi.
- Penyebab yang juga dikonfirmasi adalah tipe lead frame yang open end lead frame. Namun, untuk memodifikasi atau mengubah desain lead frame membutuhkan biaya yang besar dan waktu yang cukup lama, melibatkan vendor dan membutuhkan

persetujuan pelanggan. Perubahan material produk, atau desain produk termasuk kategori major change. Membutuhkan persetujuan pelanggan dan proses kualifikasi ulang oleh vendor.

- Solusi teknis yang disarankan tim adalah mengubah desain input pusher dan output stopper. Selanjutnya tim melakukan perubahan desain input pusher dan output stopper.

Modifikasi input pusher

Ada 2 alternatif untuk melakukan modifikasi input pusher, sebagai berikut.

Tabel 2. Asesmen terhadap solusi *input pusher*

Alternatif modifikasi	Korelasi terhadap potensial penyebab	Efektifitas
ALTERNATIF 1		
Mendesain <i>input pusher</i> menjadi bentuk U-shape	Dengan desain ini, <i>pusher</i> tidak akan menyentuh ujung <i>lead frame</i> secara langsung.	Simulasi komputer menunjukkan bahwa desain ini efektif untuk mencegah timbulnya <i>damage lead</i> .
ALTERNATIF 2		
Memperluas penampang <i>input pusher</i> .	Dengan solusi ini, maka penampang <i>pusher</i> lebih lebar mendorong <i>lead frame</i> sehingga gaya tekan <i>pusher</i> terhadap <i>lead frame</i> menjadi lebih kecil.	Modifikasi ini masih terjadi kontak langsung antara <i>pusher</i> dan ujung <i>lead frame</i> , dan jika terjadi hambatan/macet saat mendorong <i>lead frame</i> , dapat menimbulkan <i>damage lead</i> .

Modifikasi output stopper

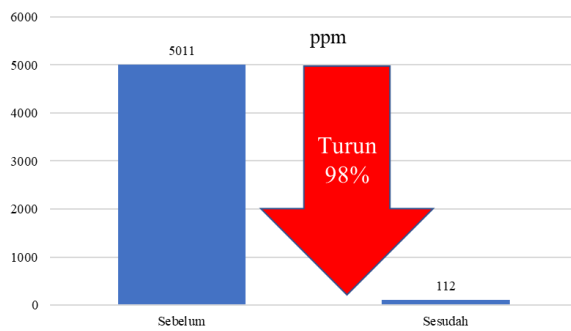
Ada 2 alternatif untuk melakukan modifikasi output stopper, sebagai berikut.

Tabel 3. Asesmen terhadap solusi *output stopper*

Alternatif modifikasi	Korelasi terhadap potensial penyebab	Efektifitas
ALTERNATIF 1		
Mengubah permukaan datar pada <i>stopper</i> menjadi berbentuk <i>chamfer</i> dan membuat <i>stopper</i> lebih lebar.	Penampang <i>stopper</i> yang lebih lebar dan desain <i>chamfer</i> akan memperkecil kemungkinan terjadinya <i>damage lead</i> ketika terjadi tabrakan yang keras antara ujung <i>lead frame</i> dan <i>stopper</i> .	Simulasi komputer memperlihatkan bahwa kemungkinan terjadinya <i>damage lead</i> dapat diperkecil.
ALTERNATIF 2		
Mengganti bahan <i>stopper</i> dari <i>stainless steel</i> ke teflon	Teflon akan memperkecil pengaruh tabrakan yang terjadi.	Jika desain <i>stopper</i> masih sama dengan desain sebelumnya, maka penggantian bahan <i>stopper</i> tidak akan berpengaruh secara signifikan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya <i>damage lead</i> .

Setelah solusi diterapkan, tim melakukan evaluasi terhadap efektivitas solusi dan dampak solusi terhadap sikap kerja, aspek kesehatan dan keselamatan kerja. Evaluasi dilakukan selama 4 minggu dengan metode observasi, interview, dan perbandingan antara data sebelumnya (sebelum modifikasi desain) dan data baru (setelah modifikasi desain). akan digunakan untuk membenarkan keefektifan solusi.

Pebandingan data produksi sebelum solusi dan setelah solusi diterapkan menunjukkan bahwa solusi yang diterapkan efektif menurunkan damage lead pada proses laser marking.



Gambar 5. Penurunan defect lead



Gambar 6. Yield produksi

Penerapan solusi mendapatkan respons yang baik dari pekerja di proses laser marking. 100% dari operator yang diinterview untuk mengetahui responnya terhadap perbaikan yang dilakukan untuk menurunkan damage lead, menyatakan merasa senang dan meringankan pekerjaan mereka. Hal ini berdampak kepada sikap kerja mereka yang semakin bersemangat. Sedangkan untuk prosedur keselamatan dan kesehatan kerja, tidak mengalami perubahan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari hasil penerapan solusi di proses laser marking, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Solusi teknis yang diterapkan di proses laser marking untuk mengatasi masalah damage lead secara signifikan berhasil menaikkan yield produksi IC tipe PDIP dari 97,52% meningkat menjadi 99,52%.
- 2) Penerapan solusi di proses laser marking memperbaiki sikap kerja operator.
- 3) Prosedur keselamatan dan kesehatan kerja tidak mengalami perubahan.
- 4) Dampak lingkungan akibat penerapan solusi tidak mengalami perubahan.

Adapun saran yang dapat diberikan untuk proyek proyek selanjutnya adalah sebagai berikut:

- 1) Solusi dengan menerapkan konsep poka yoke perlu menjadi pertimbangan bagi penelitian-penelitian selanjutnya.
- 2) Melibatkan pekerja level lini produksi untuk lebih memahami keadaan permasalahan yang ditangani.
- 3) Kerja sama tim merupakan kunci keberhasilan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bowen Zheng and Grace X. Gu, 2019, Tuning graphene mechanical anisotropy via defect engineering, Elsevier. Available on: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008622319309078>
- [2] Design Rules, 2019, PT. Unisem Batam
- [3] Florian Eger, Daniel Coupek, Davide Caputo, Marcello Colledani, Mariluz Penalva, Jon Ander Ortiz, Hermann Freiberger, Gernot Kollegger, 2018, Zero defect manufacturing strategies for reduction of scrap and inspection effort in multi-stage production systems, Elsevier. Available online at: www.sciencedirect.com
- [4] Foivos Psarommatis, Gokan May, Paul Dreyfus & Dimitris Kiritsis, Apr 2019, Zero defect manufacturing: state-of-the-



- art review, shortcomings and future directions in research, International Journal of Production Research. Available on: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1605228>
- [5] Imai, Masaaki, Kaizen, The Key to Japan's Competitive Success, The Kaizen Institute, Ltd. 1996
- [6] Ingle, Kathryn A., Reverse Engineering, Mc Graw Hill, 1994.
- [7] Japan Human Relation Assosiation, 1980, The idea book, Improvement through TEI (Total Employee Involvement), Productivity, Inc. 101 Merritt 7 Corporate Park
- [8] KV Gopinath and K Padmanabhan, 2020, Design and value engineering of a high temperature high pressure multifunctional compression moulding unit to manufacture zero defect part, IOP Conference Series : Material Science and Engineering 1123 (2021) 012046 doi:10.1088/1757-899X/1123/I/012046.
- [9] Kathryn A. Ingle, Reverse Engineering, McGraw-Hill, Inc, 1994
- [10] O. Myklebust, 2013, Zero defect manufacturing: a product and plant oriented lifecycle approach, 8th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Available online at: www.sciencedirect.com
- [11] Pitta, Dennis A, University of Baltimore, Baltimore Maryland USA, Product Innovation and Management in a Small Enterprise, Journal of product and brand management, Emerald Group Publishing, 2008.
- [12] Shingo, Shigeo, Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka Yoke System, Productivity Press, 1986
- [13] Shingo, Shigeo, Non-Stock Production: The Shingo System for Continous Improvement, Productivity Press, 1988
- [14] <https://ipqi.org/pengertian-diagram-pareto-dan-cara-membuatnya/> diakses 1 Juni 2021.