



**Analisis Mekanik pada *Clamp Paddle Set DSO*
16-30 dengan metode *Finite Element Analysis***

Tugas Akhir

**Oleh:
Muhammad Sabrie Firdaus (4212031008)**

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro Politeknik
Negeri Batam
2024**

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk digunakan sebagai rencana kerja pada pelaksanaan Tugas Akhir

Disusun oleh: Muhammad
Sabrie Firdaus

Tanggal sidang : 19 Juli 2024

Disetujui oleh :

Dosen Penguji :



TTE oleh:
INDRA HARDIAN MULYADI
11 Jul 2024
Perihal:
Tugas Akhir Muhammad Sabrie Firdaus
Hashing:
3f23a1c0b7f423a1318b176d37a2b42775075aaf
31152f380576c3e0e89e
Verifikasi melalui web <https://ite.poli-batam.ac.id>

1. Dr. Ir. Indra Hardian Mulyadi
NIK: 117179

Dosen Pembimbing :

1. Diono, S.Tr. T., M.Sc
NIK: 120243



TTE oleh:
Fadli Firdaus, M.pd
1st August 2024
Perihal:
ACC TA Muhammad Sabrie Firdaus
Hashing:
53a4c51f3d384639300851d4d805c16113eac2459f
795f262075a212468a6a3a
Verifikasi melalui web <https://ite.poli-batam.ac.id>

2. Fadli Firdaus, S.pd., M.pd.
NIK: 122271

[Analisis Mekanik pada *Clamp Paddle Set* DSO 16-30 dengan metode *Finite Element Analysis*]

Abstrak

Semikonduktor adalah bahan dengan daya hantar listrik yang berada di antara isolator dan konduktor. Terdapat pangsa pasar semikonduktor di Indonesia khususnya di Kota Batam. Di Kota Batam terdapat beberapa perusahaan yang bergerak dibidang semikonduktor salah satunya adalah PT Infineon Technologies Batam. PT Infineon Technologies Batam adalah perusahaan Jerman yang bergerak di bidang semikonduktor dan sudah berdiri sejak 1996 di Kawasan Batamindo Industrial Park. Produk utama PT. Infineon Technologies adalah sirkuit terpadu yang digunakan pada beberapa bidang aplikasi terutama otomotif. Proses utama yang ada di Infineon salah satunya adalah *Wire bonding*. *Wire bonding* masih merupakan teknologi interkoneksi chip paling populer di mikroelektronik kemasan dan tidak akan tergantikan oleh metode interkoneksi lainnya untuk waktu yang lama di masa mendatang. Tugas akhir ini merancang dan mengimplementasikan *Clamp paddle set* dari *Original Equipment Manufacturing (OEM)* ke *Second source* yang mana dampak dari implementasi ini tidak mengurangi nilai *quality* untuk proses produksi Kualitas tetapi sangat berguna untuk *cost saving*. Tugas akhir ini menggunakan metode *Finite Element Analysis*. *Finite Element Analysis (FEA)* adalah teknik numerik yang kuat dan lazim yang telah dikembangkan menjadi teknologi modern yang sangat diperlukan dalam pemodelan dan simulasi berbagai proses rekayasa. Terdapat berbagai proses pengujian meliputi pengujian temperatur, pengujian vakum, dan pengujian *flatness*. Adapun hasil dari pengujian tidak menunjukkan angka perbedaan yang signifikan dan hasil simulasi analisis stress didapat perbedaan tegangan *maximum* yang terjadi pada *window clamp* adalah sebesar $6.461 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Hasil ini lebih kecil dari nilai *yield strength* yaitu sebesar $2.75 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ maka, material sangat aman digunakan pada proses *wire bonding*. Berdasarkan hasil simulasi analisis *Strain*(regangan) didapat didapatkan hasil *strain*(regangan) hasil *minimum* sebesar -0.000091mm dan *maximum* sebesar 0.000094mm .

Kata kunci: *Wire bond, Clamp Paddle Set, Finite Element Analysis*.

[Mechanical analysis on clamp paddle Set DSO 16-30 using Finite Element Analysis method]

Abstract

Semiconductors are materials with electrical conductivity that are between insulators and conductors. There is a semiconductor market share in Indonesia, especially in Batam City. In Batam City there are several companies operating in the semiconductor sector, one of which is PT Infineon Technologies Batam. PT Infineon Technologies Batam is a German company operating in the semiconductor sector and has been established since 1996 in the Batamindo Industrial Park area. The main product of PT. Infineon Technologies is an integrated circuit that is used in several application fields, especially automotive. One of the main processes at Infineon is Wire bonding.. Wire bonding is still the most popular chip interconnect technology in microelectronic packaging and will not be replaced by other interconnect methods for a long time in the future. This final project designs and implements Clamp paddle set from Original Equipment Manufacturing (OEM) to Second source, where the impact of this implementation does not reduce the quality value for the Quality production process but is very useful for cost savings.. This final project uses the Finite Element Analysis method. Finite element analysis (FEA) is a powerful and prevalent numerical technique that has been developed into an indispensable modern technology in the modelling and simulation of various engineering processes. There are various testing processes including temperature testing, vacuum testing, and flatness testing. The results of the test did not show any significant differences and maximum stress difference that occurs in the clamp window is $6,461 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. This result is smaller than the yield strength value, which is $2.75 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, so the material is very safe to use in the wire bonding process. Based on the results of the strain analysis simulation, the minimum strain was -0.000091mm and the maximum is 0.000094mm .

Keywords: Wirebond, Clamp Paddle Set, Finite Element Analysis.

Daftar Isi

Lembar Pengesahan	i
Abstrak	ii
<i>Abstract</i>	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel.....	vi
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat.....	2
1.5. Batasan.....	2
1.6. <i>Work Breakdown Structure</i>	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. <i>Clamp Paddle Set</i>	4
2.1.1. <i>Clamp Paddle set 16-30</i>	5
2.2. <i>Finite Element Analysis</i>	7
2.2.1. FEM (<i>Finite Element Method</i>).....	7
2.2.2. Langkah Dasar dalam FEM (<i>Finite Element Method</i>).....	7
2.3. <i>Software Solidworks</i>	8
2.4. Proses <i>wire bonding</i>	9
2.5. <i>Material Properties</i>	10
Bab 3. Metodologi Penelitian	11
3.1. Studi Literatur	12
3.2. Perancangan Mekanikal	12
3.2.1. Karakteristik antara <i>Original Equipment & Second Source</i>	13
3.2.2. Spesifikasi antara <i>Original Equipment & Vendor Mica</i>	14
3.3. Pengujian.....	15

3.3.1. Pengujian <i>Flatness</i>	15
3.3.2. Pengujian temperatur	16
3.3.3. Pengujian vakum	17
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	18
4.1. Hasil dari pengujian <i>flatness</i> , temperatur, dan vakum.....	18
4.1.1. Hasil Pengujian <i>flatness</i>	18
4.1.2. Hasil Pengujian temperatur.....	19
4.1.3. Hasil Pengujian vakum.....	20
4.2. Langkah-langkah <i>simulation</i> 3D pada <i>window clamp</i>	21
4.3. Simulasi <i>window clamp</i> menggunakan <i>software solidworks</i>	23
4.3.1. Simulasi pada <i>window clamp original</i>	24
4.3.2. Simulasi <i>strain</i> (regangan) pada <i>window clamp</i>	27
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	28
5.1. Kesimpulan.....	28
5.2. Saran	28
Biodata	29
Daftar Pustaka.....	30
Lampiran	32

Daftar Gambar

Gambar 1. <i>Clamp Paddle Set</i> DSO 16-30	4
Gambar 2. Desain <i>window clamp</i>	5
Gambar 3. Kerusakan pada <i>window clamp</i>	6
Gambar 4. Ilustrasi proses <i>wire bonding</i>	9
Gambar 5. <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	11
Gambar 6. <i>Heater Block</i> pada <i>Clamp paddle set</i> DSO 16-30	12
Gambar 7. <i>Window</i> pada <i>Clamp paddle set</i> DSO 16-30	13
Gambar 8. <i>Perbandingan</i> antara <i>original equipment</i> dan vendor Mica	13
Gambar 9. <i>Point of measurement</i>	16
Gambar 10. Parameter temperatur pada mesin <i>wire bonding</i>	17
Gambar 11. Pembacaan nilai vakum pada <i>air pressure display</i>	17
Gambar 12. Grafik pengujian Temperatur	19
Gambar 13. Grafik pengujian vakum	20
Gambar 14. Modul <i>bond head</i>	21
Gambar 15. Parameter <i>bond force</i>	22
Gambar 16. <i>3D modelling window clamp</i>	23
Gambar 17. Titik pembebanan	24
Gambar 18. <i>Meshing image</i>	24
Gambar 19. <i>Stress Simulation</i> pada <i>window clamp</i>	25
Gambar 20. Deformasi <i>stress Simulation</i> pada <i>window clamp</i>	26
Gambar 21. <i>Strain Simulation</i> pada <i>window clamp</i>	27

Daftar Tabel

Tabel 1. Tugas dan Tanggung Jawab dalam tim	3
Tabel 2. Material <i>properties</i>	10
Tabel 3. Spesifikasi <i>Heater block clamp paddle set</i> DSO 16-30	14
Tabel 4. Spesifikasi <i>Window clamp paddle set</i> DSO 16-30	15
Tabel 5. Hasil pengujian <i>flatness</i>	18

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Semikonduktor adalah bahan dengan daya hantar listrik yang berada di antara isolator dan konduktor. Semikonduktor sangat berguna dalam elektronika, karena konduktivitasnya dapat diubah dengan menyuntikkan bahan lain[1]. Semikonduktor sendiri memiliki piranti dengan proses penyambungan *wire* dalam mikroelektronik yang disebut proses *wire bonding*[2]. *Wire bonding* adalah metode menghubungkan dua atau lebih permukaan dengan menggunakan kawat tipis yang terikat secara ultrasonik ke permukaan tersebut dan menyediakan sambungan listrik[3]. Terdapat pangsa pasar semikonduktor di wilayah Indonesia khususnya di Kota Batam. Di Kota Batam terdapat beberapa perusahaan yang bergerak dibidang semionduktor salah satunya adalah PT Infineon Technologies Batam. Produk utama PT. Infineon Technologies adalah sirkuit terpadu yang digunakan pada beberapa bidang aplikasi terutama otomotif. Proses utama yang ada di Infineon salah satunya adalah *Wire bonding*. Pemilihan lokasi penelitian pada PT. Infineon Technologies Batam sesuai dengan pertimbangan yang matang dan sesuai dengan tujuan, latar belakang, dan masalah penelitian.

Proses *wire bonding* di PT. Infineon Technologies Batam menggunakan kawat alumunium, emas, dan *copper*. Au(emas) *Bonding wire* telah menjadi bahan kemasan semikonduktor utama selama beberapa dekade karena sifatnya stabilitas kimia yang unik, manufaktur yang andal, dan sifat operasi. Namun, drastis kenaikan harga Au(emas) *bonding wire* telah memotivasi industri untuk mencari bahan pengikat alternatif bahan untuk digunakan dalam kemasan mikroelektronik seperti Cu(*copper*) *bonding wire*. Manfaat utama penggunaan Cu(*copper*) *bonding wire* dibandingkan Au(emas) *Bonding wire* memiliki biaya bahan yang lebih rendah, biaya listrik dan listrik yang lebih tinggi konduktivitas termal yang memungkinkan Cu(*copper*) *Bonding wire* berdiameter lebih kecil untuk membawa arus yang sama dengan Au(emas) *Bonding wire* tanpa panas berlebih, dan menurunkan laju reaksi antara Cu(*copper*) berfungsi meningkatkan kinerja keandalan dalam kondisi penyimpanan suhu tinggi dalam jangka waktu lama[4].

Pada proses *wirebond* terdapat beberapa bagian yang sangat penting yaitu adalah *Clamp paddle set*. *Clamp paddle set* memiliki 3(tiga) bagian antara lain adalah *heater block*, *window clamp*, dan *heat spacer*. Bagian-bagian ini adalah satu kesatuan jika salah satu rusak maka, akan diganti secara keseluruhan. Oleh karena itu biaya yang diperlukan pada saat proses pemesanan sangat tinggi untuk *Clamp paddle set*. Tugas akhir ini menggunakan metode *Finite Element analysis* untuk menguji kekuatan *window clamp* pada *clamp paddle set*.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara mengurangi biaya untuk *spare part* dan mengurangi waktu tunggu saat pemesanan *sparepart* mesin *wirebond*?
2. Bagaimana simulasi *clamp paddle set* vendor Mica pada mesin *wirebond*?
3. Bagaimana cara mengetahui kekuatan maksimal *pada window clamp* saat diberi beban?

1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir adalah:

1. Mengetahui pengetahuan tentang *wirebond* lebih dalam khususnya *pada clamp paddle set*.
2. Mengurangi biaya *maintenance cost* di PT. Infineon Technologies Batam dengan menganalisis kekuatan *pada clamp paddle set* vendor Mica
3. Mengimplementasikan *clamp paddle set* pada semua mesin dengan *Package DSO 16-30* dan mengurangi *downtime* pada mesin akibat *waiting spare* yang terlalu lama.
4. Mengetahui kekuatan maksimal *pada window clamp*

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan pada tugas akhir ini antara lain:

1. Mampu mengatasi masalah tingginya *downtime* mesin akibat *Waiting Spare*.
2. Memberikan pengetahuan terhadap komponen-komponen mesin *wirebond* kepada operator.
3. Dapat mengurangi *Maintenance Cost* yang tinggi.
4. Mengurangi *delivery time* yang lama saat proses pemesanan jika *spare part* tidak tersedia saat proses produksi.

1.5. Batasan

Batasan dari tugas akhir tersebut adalah sebagai berikut:

1. Ruang lingkup: Tugas akhir ini akan dibatasi pada suatu akses dari penulis di perusahaan
2. Metodologi: Rekomendasi material yang digunakan pada *Clamp Paddle Set DSO 16-30* untuk dijalankan pada saat produksi.

3. Fokus pada implementasi *Clamp Paddle Set* DSO 16-30 adalah untuk penghematan *maintenance cost* dan memangkas waktu pemesanan *Clamp paddle set* DSO 16-30.
4. Tugas akhir ini tidak membahas implementasi secara mendetail dari mesin *Wirebond* melainkan lebih fokus pada proses implementasi *Clamp paddle set* DSO 16-30 dan analisis mekanik.

1.6. Work Breakdown Structure

Tugas akhir ini mengacu pada *Greenline Convention*. *Greenline Convention* adalah suatu kompetisi yang diadakan oleh PT. Infineon Technologies Batam untuk *Improvement* yang terus berkelanjutan. Dengan judul “Seringnya terjadi kerusakan pada *clamp paddle set* DSO 16-30 yang menyebabkan tingginya *Maintenance cost* untuk penggantian” yang anggotanya merupakan gabungan dari beberapa karyawan dengan latar belakang yang berbeda. Berikut adalah pembagian *jobdesk* dari keseluruhan anggota.

Tabel 1. Tugas dan Tanggung Jawab dalam tim

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	Muhammad Sabrie Firdaus	Ketua tim dan bertugas sebagai melakukan <i>Buyoff, Install & Uninstall Clamp Paddle Set</i>
2	Muhammad Riski Ichsani	Anggota dan bertugas sebagai Pengecekan pada quality (<i>Vacuum, Temperature, Planarity</i> atau <i>flatness</i>)
3	Ikhwanul Choirs	Anggota dan bertugas sebagai <i>Set-up man</i> pada mesin
4	Nadila Puspita Sari	Anggota dan bertugas sebagai <i>Monitoring lot</i> dan <i>reject</i>

Bab 2. Tinjauan Pustaka

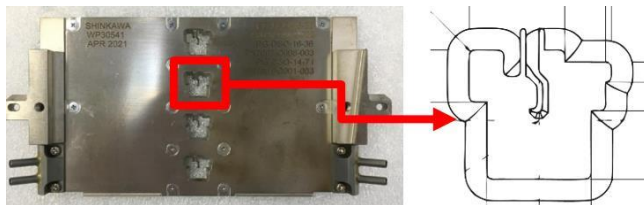
2.1. *Clamp Paddle Set*

Dewasa ini penggunaan Menggunakan kawat tembaga sebagai pengganti kawat emas dapat mengurangi banyak biaya di IC produksi industri semikonduktor khususnya di proses *wire bonding*. Namun, stabilitas sirkuit (Sirkuit Keandalan) kurang dari penggunaan kawat emas[5]. *Wire bonding* juga merupakan proses umum untuk saling terhubung antara daya paket modul ke *direct bonded copper* (DBC)[6]. Pada proses *wire bonding* terdapat beberapa komponen yang krusial salah satunya adalah *Clamp Paddle set*. *Clamp Paddle set* memberikan stabilitas pada *lead* dan *island* saat *bonding* (Proses *clamping*) yang mencegah terjadinya *floating*. Selain itu, *Clamp Paddle set* juga memberikan *input* temperatur dan vakum yang menjadi parameter inti dalam proses *wire bonding*. Pada gambar 1. Terdapat desain dari *clamp paddle set* DSO 16-30.



Gambar 1. *Clamp paddle set* DSO 16-30

Pada *Clamp Paddle set*, kendala yang kami temukan di *Line*, adalah Seringnya terjadi kerusakan pada bagian *Clamp Paddle set* DSO 16-30 yaitu *window clamp* dikarenakan desainnya yang unik. Di sinilah pentingnya memiliki desain yang baik dari *window clamp*. *Window clamp* adalah untuk menjepit dan menahan unit selama proses penyambungan kawat. *Window clamp* menekan unit, dan memiliki lubang vakum yang menarik rangka utama ke tempatnya dan menghindari gerakan yang tidak perlu. Konfigurasi standar *window clamp* adalah memiliki lubang vakum untuk distribusi gaya vakum yang seimbang[7]. Pada gambar 1. Terdapat desain dari *window clamp* pada *clamp paddle set*.



Gambar 2. Desain *window clamp*

2.1.1. *Clamp Paddle set* 16-30

Clamp Paddle set DSO 16-30 memiliki *design* yang berbentuk seperti jari (lihat kotak berwarna merah pada gambar diatas). Fungsi dari jari tersebut adalah untuk memberikan tekanan pada bagian tengah *leadframe* untuk mencegah terjadinya *floating*. Desain ramping tersebut sangat optimal dalam memberikan tekanan pada titik yang tepat pada *leadframe* dan secara bersamaan tidak menyentuh bagian kritis/*area bonding*.

Namun, akibat desain yang ramping dan material yang getas (dibutuhkan *hardness* yang tinggi untuk mencegah pengikisan yang cepat), terdapat kelemahan yang kritis yaitu seringnya terjadi kerusakan dibagian jari *clamp* (bagian jari *Clamp* patah).



Gambar 3. Kerusakan pada *window clamp*

Kerusakan paling sering terjadi akibat adanya *Double Die* atau *Chip* dari proses sebelumnya dimana *Double Die* atau *Chip* tersebut terletak di area jari *window clamp* saat proses *clamping*. Hal ini memberikan tekanan pada jari *window clamp* sehingga bengkok dan akhirnya patah. *Double Die* atau *Chip* telah kami *feedback* dan Team *Die Attach* akan melakukan *improvement* untuk mengurangi pristiwa tersebut. Namun, dampak yang diberikan pada *Wire Bond* area sangat besar.

Yang pertama, *Clamp Paddle set* pada DSO16-30 terdiri dari 3 bagian (*Window Clamp*, *Paddle Adapter* dan *Heat Spacer*). Ketiga bagian tersebut adalah satu kesatuan dan secara presisi difabrikasi untuk menghasilkan *flatness*, vakum dan presisi *clamping* yang optimal. Jika terjadi kerusakan pada salah satu bagian dari *clamp paddle set*, maka ketiga bagian tersebut akan dibuang. Penggabungan bagian antara *Clamp Paddle set* dengan *Clamp Paddle set* dari nomor seri yang lain sangat riskan dan dapat sering menyebabkan *floating*, *flatness*, dan vakum yang diluar ambang batas spesifikasi. Hal ini disebabkan oleh presisi *clamping* yang tidak sesuai. Jadi, bila salah satu bagian dari *Clamp Paddle set* rusak, Infineon harus membeli *Clamp Paddle set* baru seharga SGD 9379.

Kedua, fabrikasi *clamp paddle set* dilakukan di Jepang yang akan memakan waktu (fabrikasi & pengiriman) 2-3 bulan. Kedua hal ini mengakibatkan tingginya *maintenance cost* dan *lead-time* yang lama untuk pembelian *Clamp Paddle set* tersebut. Dalam menentukan perancangan dan implementasi perlu di perhatikan target dari OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) masing-masing mesin yang akan di implementasi.

2.2. Finite Element Analysis

FEA (*Finite Element Analysis*) adalah prosedur numeris yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa *engineering* seperti analisa tegangan pada struktur, perpindahan panas, elektomagnetis, dan aliran fluida.

FEA (*Finite Element Analysis*) merupakan teknik numerik yang kuat dan lazim. yang telah dikembangkan menjadi teknologi modern yang sangat diperlukan dalam pemodelan dan simulasi berbagai proses rekayasa, khususnya pada pengemasan makanan industri. Munculnya kekuatan komputasi canggih dan kemanjuran perangkat lunak FEA paket, ditambah dengan pengurangan biaya paket perangkat lunak telah sangat maju penggunaan FEA untuk mensimulasikan berbagai desain teknik secara efektif dan efisien masalah. Dalam industri pengemasan makanan, analisis elemen hingga berguna untuk mensimulasikan dan mempelajari desain struktural paket[8].

FEA (*Finite Element Analysis*) terdiri dari material atau desain yang memiliki tegangan ataupun berbagai macam variabel untuk dianalisis pada komputer dengan bantuan software agar mendapatkan hasil tertentu, hal ini dilakukan dalam mendesain sebuah produk baru atau perbaikan pada produk yang sudah ada[9].

2.2.1. FEM (*Finite Element Method*)

FEM(*Finite Element Method*) adalah membagi suatu benda yang akan dianalisa, menjadi beberapa bagian dengan jumlah hingga finite. Bagian-bagian ini disebut elemen yang tiap elemen satu dengan elemen lainnya dihubungkan dengan nodal (node). Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut *meshing*.

2.2.2. Langkah Dasar dalam FEM (*Finite Element Method*)

A. Processing Phase

- Membuat dan menentukan daerah yang akan diselesaikan menggunakan elemen hingga, kemudian menguraikan masalah menjadi nodal-nodal dan elemen-elemen.
- Mengasumsikan bentuk fungsi untuk menggambarkan sifat fisik dari sebuah elemen, yang merupakan pendekatan fungsi kontinyu yang diasumsikan untuk menggambarkan solusi dari sebuah elemen.
- Menyelesaikan persamaan untuk sebuah elemen
- Menyatukan elemen-elemen untuk menghadirkan keseluruhan masalah. Membentuk matrik kekakuan global discretize.
- Terapkan kondisi batas, kondisi awal dan pembebanan.

B. *Solution Phase*

- Memecahkan satu set persamaan aljabar linier atau non linier secara cepat untuk mendapatkan hasil nodal seperti nilai perpindahan pada nodal-nodal yang berbe atau nilai temperatur pada nodal-nodal yang berbeda dalam masalah perpindah panas.

C. *Postprocessing Phase*

- Pada sesi ini kita akan mendapatkan informasi penting lainnya. Seperti nilai tegangan (stress) dalam analisa statik, distribusi kecepatan meknika fluida, distribusi temperatur dan lain-lain.

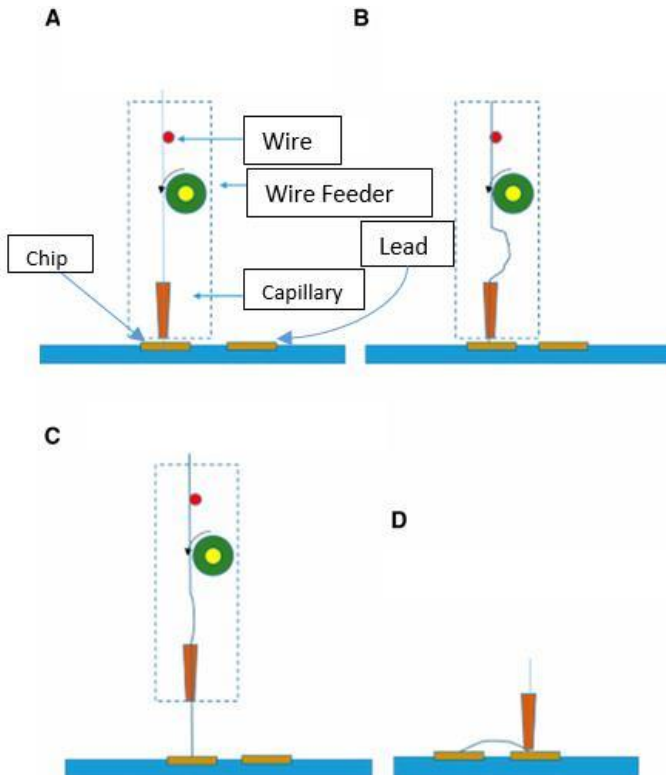
2.3. Software Solidworks

Solidworks adalah sebuah program *Computer Aided Design (CAD)* 3D yang menggunakan *platform Windows*. *Software* ini dikembangkan oleh *Solidworks Corporation*, yang merupakan anak perusahaan dari *Dassault System, S.A.*

Solidworks merupakan program rancang bangun yang banyak digunakan untuk mengerjakan desain produk, desain mesin, desain mould, desain kontruksi, ataupun keperluan teknik[10]. Perancangan atau rancang merupakan serangkaian prosedur untuk menterjemahkan hasil analisa dan sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk mendeskripsikan dengan detail bagaimana komponen-komponen sistem di implementasikan. Sedangkan pengertian pembangunan atau bangun sistem adalah kegiatan menciptakan sistem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada secara keseluruhan.

2.4. Proses *wire bonding*

Dalam proses *wirebond* terdapat proses *clamping* yang terjadi gaya tekan dari *bond head* dengan menggunakan *transducer* terhadap *window clamp* dan *heater block*. Proses *wire bonding* adalah proses penyambungan dari *chip* ke *lead* yang dimana proses ini menggunakan *wire copper* [11]. Adapun ilustrasi proses *wire bonding* pada gambar berikut.



Gambar 4. Ilustrasi proses *wire bonding*

Pada gambar 3. Merupakan proses terjadinya penyambungan *wire* dari *chip* menuju *lead*. Dari ujung *wire* (A) kemudian *wire feeder* akan melanjutkan dengan mengendurkan *wire* pada bagian (B) *wire* memasuki lubang *capillary*. Selanjutnya pada bagian (C) *capillary* akan melakukan *bonding* pertama dari *chip* ke *lead* kemudian pada bagian (D) *capillary* melakukan *bonding* kedua.

2.5. Material Properties

Mengenai material *properties*, terdapat tiga element penting yang menentukan yang sangat krusial terhadap suksesnya proses *wirebond*.

- A. Anti oksidasi sangat diperlukan karena temperatur yang dibutuhkan untuk proses *wirebond copper* mencapai 220° C.
- B. *Hardness* merupakan element yang menjadi kunci untuk *wirebond* proses. Dengan proses yang membutuhkan kontak secara terus-menerus *Hardness* yang tinggi akan mempengaruhi *lifetime* dari *clamp paddle set* ini.
- C. *Thermal conductivity*, seperti pada poin pertama *wirebond* proses *copper* memiliki spesifikasi temperatur 220° C ±10° C. Distribusi temperatur yang seragam memastikan hasil proses *wirebond* baik.

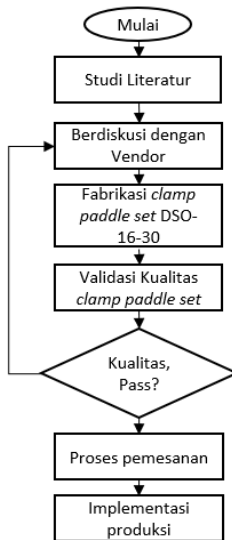
Berikut adalah table dari *material properties* dalam proses fabrikasi dari *second source*.

Table 2. Material Properties

No	Properties	Value	Units
1	Density	8000	kg/m ³
2	Specific heat	500	J/(Kg.K)
3	Thermal Expansion Coefficient	1.70E-05	/K
4	Thermal Conductivity	16.4	W/(m.K)
5	Young Modulus	200000	N/mm ²
6	Hardness Pre Hardened	32	N/A

Bab 3. Metodologi Penelitian

Urutan kegiatan yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar berikut.



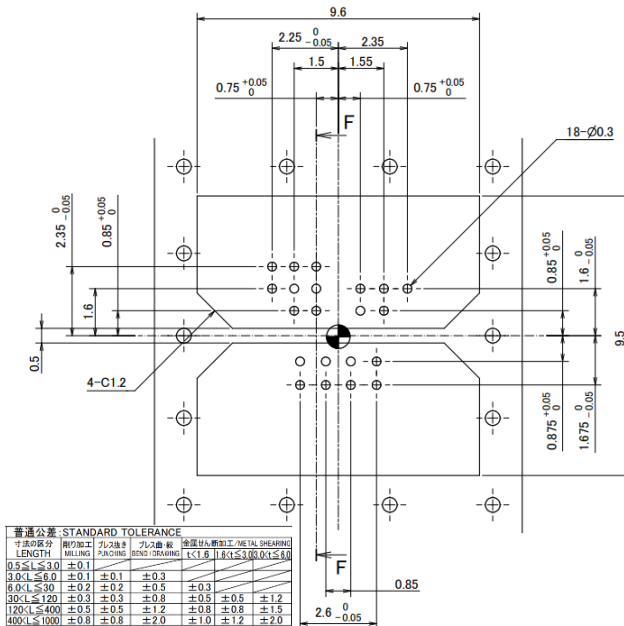
Gambar 5. *Flowchart* Metodologi Penelitian

3.1. Studi Literatur

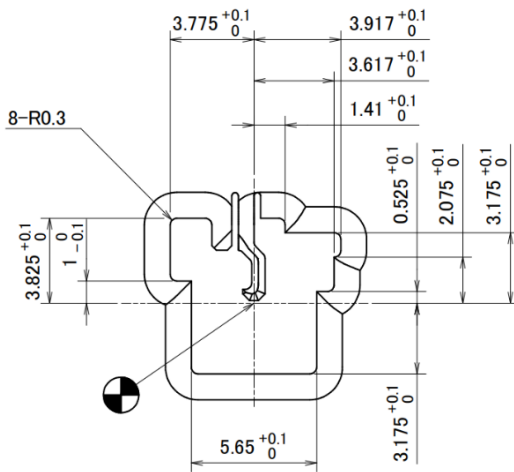
Dalam pembuatan tugas akhir dengan judul “Analisis Mekanik pada *Clamp Paddle Set* DSO 16-30 dengan metode *Finite Element Analysis*”, tentu perlu melakukan studi literatur untuk mencari informasi terkait topik tugas akhir ini dari bermacam-macam sumber seperti skripsi, tesis, buku, jurnal, artikel ilmiah, ataupun sumber informasi dari internet. Dengan melakukan studi literatur mengenai dunia semikonduktor khususnya pada proses *wire bonding*, tentunya banyak informasi yang bisa didapatkan dan dijadikan landasan pengerjaan sehingga membantu dalam penulisan maupun pengerjaan tugas akhir ini.

3.2. Perancangan Mekanikal

Dalam menentukan perancangan mekanikal pada mesin *wirebond* diperlukan komunikasi yang baik antara penulis dan *vendor* dikarenakan material yang *critical* dan mahal. Pada tahap awal dimulai dengan menggambar ulang bagian *critical* dari *clamp paddle set DSO 16-30*. Berikut adalah gambar dari *clamp paddle set DSO 16-30* dan *window clamp*.



Gambar 6. Heater Block Clamp paddle set DSO 16-30

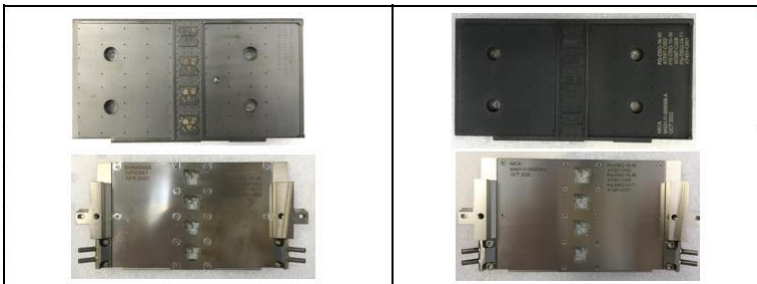


Gambar 7. Window Clamp DSO 16-30

3.2.1. Karakteristik antara *Original Equipment* & *Second Source*

Dalam proses perancangan mekanikal penulis dan *vendor* mendiskusikan material yang akan digunakan untuk proses produksi *clamp paddle set* DSO 16-30 agar selama masa produksi *lifetime* akan bertambah lebih lama dari yang sebelumnya.

Berikut adalah gambar perbandingan antara *original equipment* & *vendor Mica*:



Gambar 8. Perbandingan antara *original equipment* dan *vendor Mica*

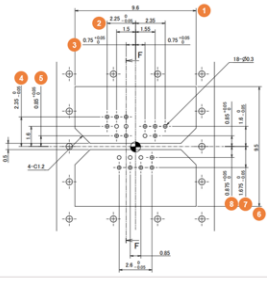
Kedua *clamp paddle set* DSO 16-30 menggunakan material yang sama yaitu, Stavax. Stavax adalah baja cetakan *stainless steel* premium untuk disisipan, inti kecil, dan menengah. Stavax memiliki ketahanan korosi, tidak mudah aus, dan stabilitas dimensi yang baik selama perlakuan panas.

Kedua *clamp paddle set* DSO 16-30 memiliki nilai kekerasan yang berbeda pada *original equipment* memiliki nilai kekerasan sebesar 30Hrc sedangkan pada *second source* memiliki nilai kekerasan sebesar 32Hrc.

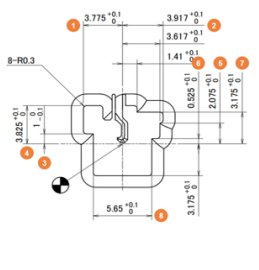
3.2.2. Spesifikasi antara Original Equipment & Vendor Mica

Proses perancangan *micro material* membutuhkan *vendor* yang berpengalaman karena tingkat toleransi yang sangat ketat. Dalam proses *wirebond* satuan yang digunakan adalah *micrometer*. Mesin yang digunakan juga memiliki akurasi yang sangat tinggi. Dari pengerjaan *clamp paddle set* DSO 16-30 didapatkan spesifikasi yang *comparable* pada tabel berikut:

Tabel 3. Spesifikasi Heater block pada clamp paddle set DSO 16-30

Gambar Heater Block	Items	Original Specs.	Second Source	Keterangan
	1 Width	9.6 (±0.2)	9.607	Comparable
	2 Hole to Centre	2.25 (-0.05)	2.248	Comparable
	3 Hole to Centre	0.75 (+0.05)	0.755	Comparable
	4 Hole to Centre	2.35 (-0.05)	2.342	Comparable
	5 Hole to Centre	0.85 (+0.05)	0.850	Comparable
	6 Length	9.5 (±0.2)	9.509	Comparable
	7 Hole to Centre	1.675 (-0.05)	1.670	Comparable
	8 Hole to Centre	0.875 (+0.05)	0.875	Comparable

Tabel 4. Spesifikasi Window clamp pada paddle set DSO 16-30

Gambar Window Clamp	Items	Original Specs.	Second Source	Keterangan	
	1	Top Left Opening (W)	3.775 (+0.1)	3.775	Comparable
	2	Top Right Opening (W)	3.917 (+0.1)	3.919	Comparable
	3	Left Clamper Curve to Center (L)	1.000 (-0.1)	0.989	Comparable
	4	Top Left Opening (L)	3.825 (+0.1)	3.826	Comparable
	5	Top Right Opening from Curve (L)	2.075 (+0.1)	2.076	Comparable
	6	Right Clamper Curve to Center (L)	0.525 (+0.1)	0.527	Comparable
	7	Top Right Opening (L)	3.175 (+0.1)	3.177	Comparable
	8	Bottom Opening	5.65 (+0.1)	5.650	Comparable

3.3. Pengujian

Dalam tahap pengujian penulis melakukan pengujian sesuai dengan parameter yang perusahaan terapkan tahap pengujian meliputi, pengujian *flatness*, pengujian temperatur, dan pengujian vakum.

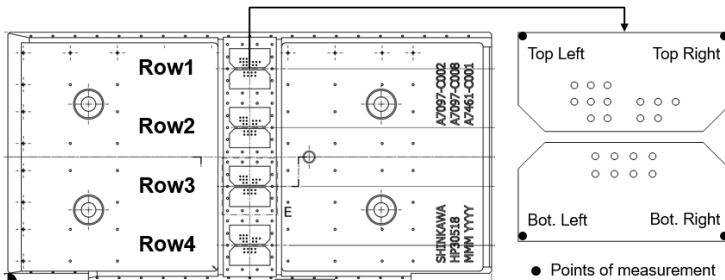
Parameter pengujian sudah terintegrasi dalam sistem yang tertanam pada masing-masing mesin *wire bonding*. Pengujian ini sangat krusial dan menentukan saat mesin *wire bonding* berjalan. Tiga element tersebut sangat mempengaruhi untuk proses *wire bonding* berjalan dengan baik atau tidak.

Pengujian vakum dan temperatur dilakukan pada mesin *wire bonding* dan hasil yang didapatkan akan langsung berdampak pada mesin itu sendiri secara otomatis. Jika pengujian-pengujian itu sesuai dengan spesifikasi mesin yang sudah terintegrasi pada mesin *wire bonding* maka pengujian berhasil sebaliknya jika pengujian tidak memenuhi ambang spesifikasi maka pengujian akan mengalami kegagalan. Untuk pegujian *flatness* dilakukan secara manual karena titik permukaan penilaian akan dinilai secara manual.

3.3.1. Pengujian *Flatness*

Dalam proses pengujian *Flatness* atau *kerataan*. Pengukuran kerataan berkaitan erat dengan pengukuran kelurusan. Kelurusan divisualisasikan oleh garis, sedangkan kerataan divisualisasikan oleh bidang. Kualitas kerataan permukaan diukur dengan pemisahan maksimum yang dibolehkan dari dua bidang ideal paralel yang sepenuhnya menutupi permukaan[12]. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur performa dari *clamp paddle set original equipment*

dan vendor Mica. Pengujian *Flatness atau kerataan* dilakukan secara manual. Pada pengujian ini penulis akan menilai pada enam belas titik sesuai dengan penetapan perusahaan. Pengujian ini terbagi menjadi 4 baris titik pengujian dan masing-masing baris memiliki 4 titik pengujian. Dari keseluruhan titik pengujian hasil yang didapatkan sesuai ambang spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan yaitu 900 +/- 20um dapat dilihat pada gambar berikut.

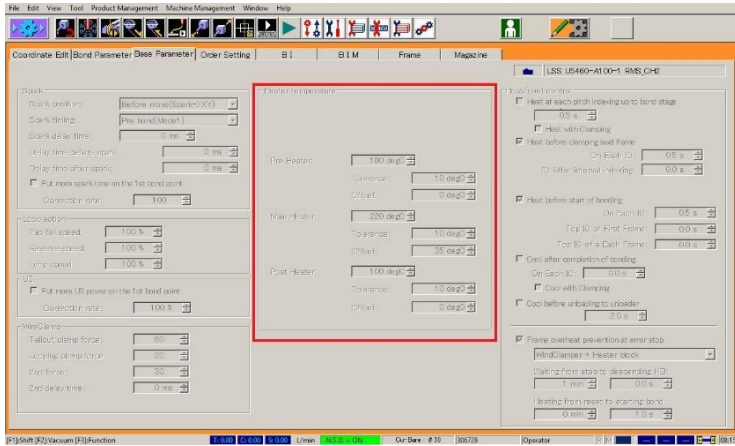


Gambar 9. Point of measurement

3.3.2. Pengujian temperatur

Dalam proses pengujian temperatur metode yang dilakukan secara otomatis dengan menggunakan sensor *thermocouple*. sensor *thermocouple* adalah sejenis sensor yang digunakan untuk menghitung suhu berdasarkan prinsipnya ketika dua logam yang berbeda digabungkan dan mengeluarkan output berupa tegangan[13].

Pada pengujian ini nilai akan keluar secara otomatis pada *display* mesin *wire bonding* dengan rentang waktu 20-30 menit. Jika *clamp paddle set* sesuai dengan kriteria spesifikasi yang telah ditentukan maka indikator akan berwarna hijau sebaliknya jika kriteria tidak sesuai maka indikator akan berwarna merah. Pengujian ini dilakukan untuk menguji daya hantar panas pada *clamp paddle set original equipment* dan vendor Mica untuk masuk pada proses produksi massal sesuai dengan parameter yang sudah ditetapkan. Pada gambar 8. Parameter meliputi *pre heater*, *main heater*, dan *post heater*. Parameter untuk *pre heater* adalah 180°C dengan toleransi $\pm 10^\circ\text{C}$ kemudian *main heater* adalah 220°C dengan toleransi $\pm 10^\circ\text{C}$ dan untuk *post heater* adalah 100°C dengan toleransi $\pm 10^\circ\text{C}$.



Gambar 10. Parameter temperatur pada mesin wire bonding

3.3.3. Pengujian vakum

Dalam proses pengujian temperatur dilakukan secara otomatis. Pada pengujian ini nilai akan keluar secara otomatis pada *display air pressure* dan *display mesin wirebond*. Pengujian vakum berfungsi untuk menguji daya hisap dari masing-masing *clamp paddle set* terhadap *leadframe* agar *leadframe* tidak *floating* saat proses *wire bonding*. Jika *clamp paddle set* memiliki nilai vakum dibawah -80 kpa maka akan terjadi banyak *defect* yang akan terjadi pada proses *wirebond*. Spesifikasi yang ditetapkan adalah ≤ -80 kpa, jika nilai ≤ -80 kpa maka sensor mendeteksi *error* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 11. Pembacaan nilai vakum pada air pressure display

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil dari pengujian *flatness*, temperatur, dan vakum

Hasil dari pengujian *flatness*, temperatur, dan vakum. Pengujian- pngujian ini dilakukan untuk menganalisa performa dari masing-masing *clamp paddle set original equipment* dan *clamp paddle set vndor Mica*. Parameter- parameter yang digunakan sesuai dengan kaidah yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

4.1.1. Hasil Pengujian *flatness*

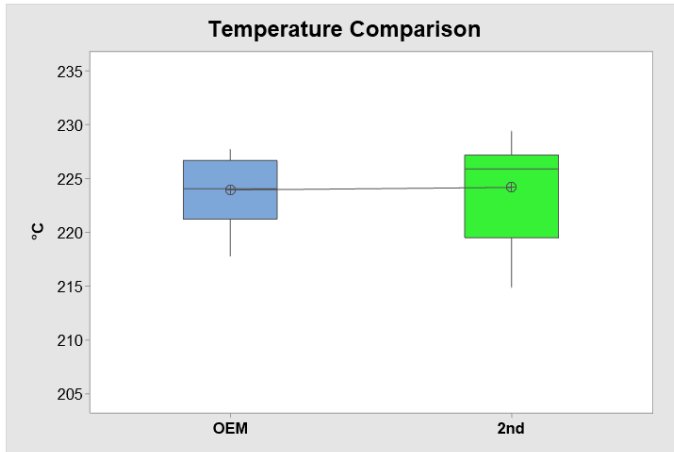
Hasil pengujian *flatness* antara *clamp paddle set original* dan *clamp paddle set vendor Mica* adalah *comparable*. Pada tabel 5. Didapatkan nilai dari masing-masing titik penilaian yang hampir menyerupai dengan rata-rata 900,04375 μm berbanding 900,31875 μm .

Tabel 5. Hasil pengujian *flatness*

NO	LOCATION	VALUE OEM	VALUE SECOND SOURCE
ROW 1	TOP LEFT	900.2	901.2
	BOTTOM LEFT	899.4	899
	TOP RIGHT	897.5	898.6
	BOTTOM RIGHT	899.6	897.1
ROW 2	TOP LEFT	899.2	899.6
	BOTTOM LEFT	901	901.6
	TOP RIGHT	899.2	898.8
	BOTTOM RIGHT	898.7	899
ROW 3	TOP LEFT	901	902.3
	BOTTOM LEFT	902.7	903.8
	TOP RIGHT	901	901
	BOTTOM RIGHT	900	902
ROW 4	TOP LEFT	900	901.2
	BOTTOM LEFT	900.3	900
	TOP RIGHT	899.5	899.2
	BOTTOM RIGHT	901.4	900.7
	AVERAGE	900.04375	900.31875
	MAXIMUM	901.4	903.8
	MINIMUM	898.7	897.1
	DIFFERENCE(SPEC.<20um)	2.7	6.7

4.1.2. Hasil Pengujian temperatur

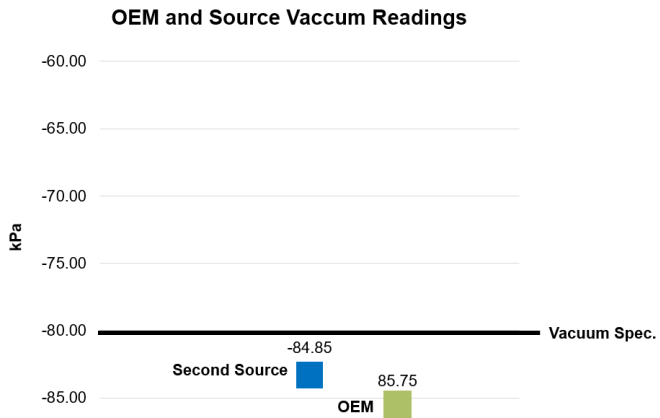
Hasil pengujian temperatur antara *clamp paddle set original* dan *clamp paddle set vendor Mica* dengan Parameter untuk *pre heater* adalah 180°C dengan toleransi $\pm 10^{\circ}\text{C}$ kemudian *main heater* adalah 220°C dengan toleransi $\pm 10^{\circ}\text{C}$ dan untuk *post heater* adalah 100°C dengan toleransi $\pm 10^{\circ}\text{C}$. Pada gambar 10. Grafik menunjukkan bahwa antara *clamp paddle set original* dan *clamp paddle set vendor Mica* memiliki sifat konduktor dengan nilai pada grafik $220\text{-}225^{\circ}\text{C}$.



Gambar 12. Grafik pengujian Temperatur

4.1.3. Hasil Pengujian vakum

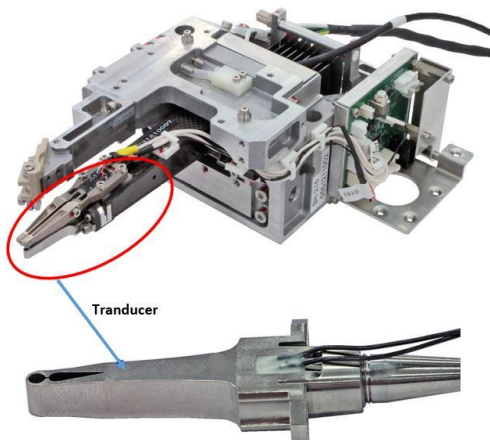
Hasil pengujian vakum antara *clamp paddle set original* dan *clamp paddle set vendor Mica* terdapat perbandingan rata-rata -85,75 kpa dan -84,65. Terlihat Pada gambar 11. berikut.



Gambar 13. Grafik pengujian vakum

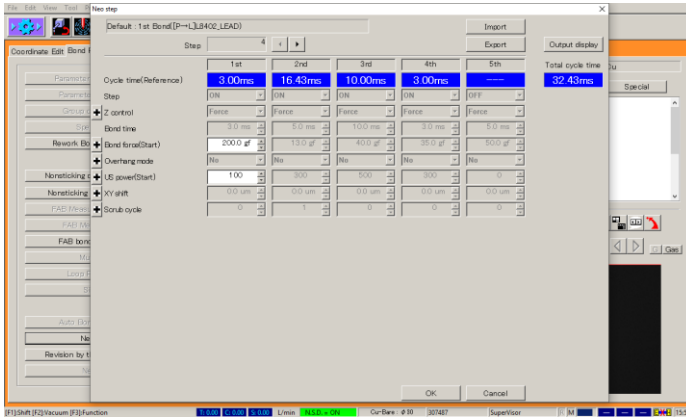
4.2. Langkah-langkah *simulation 3D* pada *window clamp*

Simulasi pada *modelling* analisis dimulai dengan membuat gambar 3D menggunakan *software solidworks*. Dipilihnya *software solidworks* adalah *software* ini sesuai dengan semua jenis desain. *Software solidworks* merupakan alat perangkat lunak CAD 3D yang sangat produktif, dengan alat analisis terintegrasi dan otomatisasi desain untuk membantu merangsang perilaku fisik seperti dinamika, tegangan, defleksi, getaran, suhu, atau aliran fluida. Simulasi *stress* digunakan untuk Proses simulasi analisis dengan pembebanan statis bertujuan untuk mengetahui ketahanan dari hasil perancangan yang telah dibuat terhadap pemberian beban[14]. Pada gambar 12. Terdapat gambar modul *bond head*. Dalam modul *bond head* terdapat *tranducer* yang berfungsi sebagai alat yang akan menekan dan memberikan beban berupa *bond force* pada proses *wire bonding*.



Gambar 14. Modul *bond head*

Sebelum memulai simulasi maka langkah yang dilakukan memasukan gaya yang diberikan oleh *transducer* terhadap *window clamp*. Pada gambar 15.

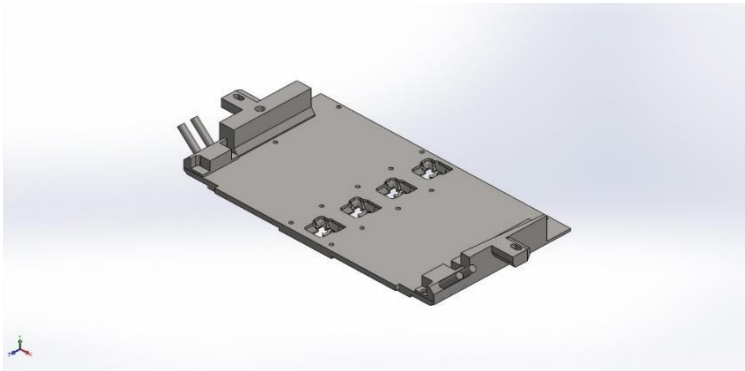


Gambar 15. Parameter *bond force*

Parameter yang *bond force* adalah 200 gf dengan toleransi toleransi ± 1 gf. Beban tekanan yang diberikan oleh *transducer* sebesar 200 gf secara terus menerus ini berdampak pada kekuatan *window clamp* dan *heater block* itu sendiri. Tekanan dengan nilai sebesar 200 gf ini setara dengan 1,97 N. Beban dengan dinilai 1,97 N akan di *load* pada simulasi *static*.

4.3. Simulasi *window clamp* menggunakan *software solidworks*

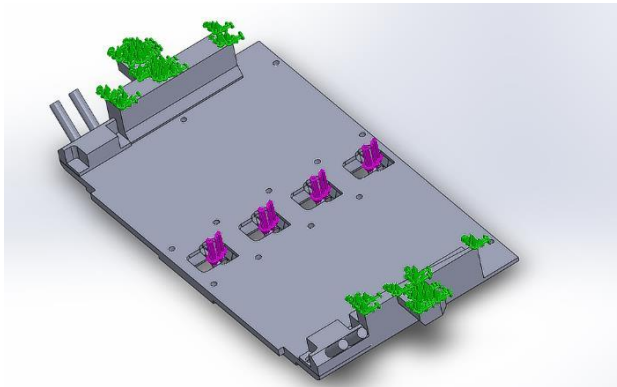
Proses simulasi stress analysis dengan pembebanan statis bertujuan untuk mengetahui ketahanan dari hasil perancangan *window clamp* yang telah dibuat terhadap pemberian beban berdasarkan nilai antara *window clamp original* dan *second source*. PT. Infineon Technologies sendiri menerapkan bahwa dalam proses *wirebond* diberlakukan *lifetime* maksimal dari *clamp paddde* set adalah tiga tahun. Analisa kekuatan mekanikal belum dilakukan sebelumnya. Dengan tugas akhir ini penulis dapat melakukan analisa kekuatan dengan gambar 3D pada *software solidworks*. Berikut adalah gambar 3D *Modelling window clamp* pada *software solidworks*.



Gambar 16. 3D *modelling window clamp*

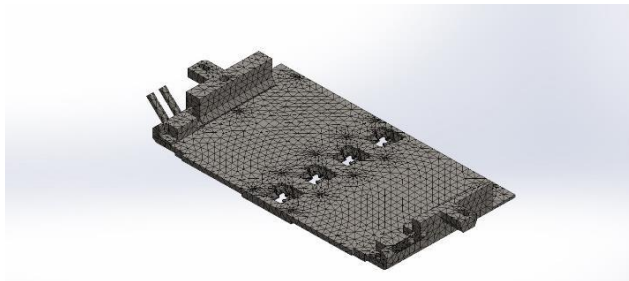
4.3.1. Simulasi pada *window clamp original*

Dalam proses simulasi *static* bertujuan untuk mengetahui ketahanan dan beban maksimal dari masing-masing *window clamp* yang telah dibuat untuk melewati proses *wirebond* dengan gaya yang konstan terus-menerus. Karena seringkali terjadi kerusakan pada *window clamp* akibat dari benda asing yang menjepit diantara *leadframe* dan *window clamp finger*. Simulasi ini dimulai dengan pemilihan material AISI347 setelah itu dilanjutkan dengan *fix geometry* dan penempatan titik pembebanan sesuai aktual pada gambar berikut.



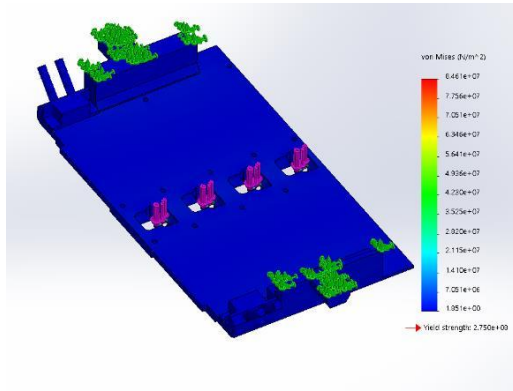
Gambar 17. Titik pembebanan

Simulasi dilanjutkan pada gambar berikut pembebanan di masukan sesuai dengan perhitungan peristiwa aktual yang terjadi yaitu *load* 1.97N. Setelah itu simulasi dilanjutkan dengan *create mesh* pada gambar 18.



Gambar 18. *Meshing image*

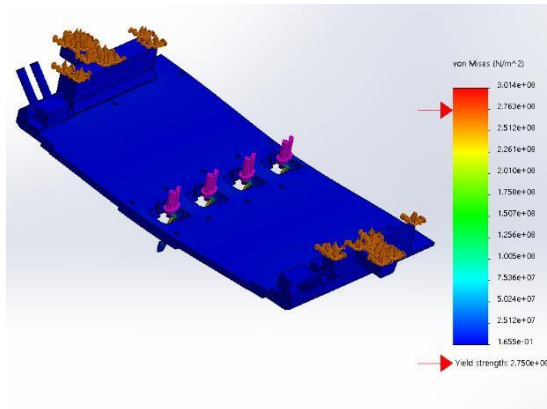
Dari pemodelan *static simulation* didapatkan analisa *stress* dan *strain*. *Stress Analysis* merupakan salah satu alat pengujian struktur pada *software solidworks* yang dilakukan dengan menerapkan konsep *Finite Element Analysis* (FEA). Cara kerjanya adalah dengan memecah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen-elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh *software*, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat. Berikut adalah gambar *stress simulation*.



Gambar 19. Stress Simulation pada window clamp

Pada proses ini didapatkan hasil *von mises stress*. *Von mises stress* yaitu permukaan benda yang terkena tegangan akibat pemberian beban[15]. Material ini memiliki *yield strength* 2.75×10^8 N/m² maka, didapatkan hasil *minimum* dengan grafik menunjukkan warna biru sebesar 1.851 N/m² dan titik berwarna merah menunjukkan nilai *maximum* sebesar 6.461×10^7 N/m². Hasil ini menunjukkan bahwa hasil *von mises stress* masih dalam nilai aman karena hasil *maximum* kurang dari nilai *yield strength* pada material ini.

Simulasi dilanjutkan dengan beban *maximum stress simulation* dengan pemberian beban *maximum*.

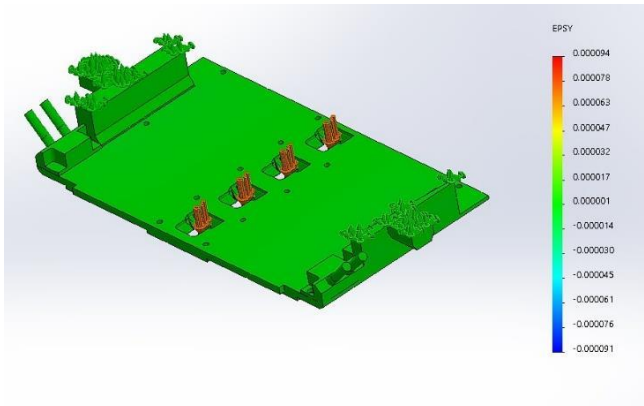


Gambar 20. Deformasi *stress Simulation* pada *window clamp*

Pada gambar 20. Proses ini didapatkan hasil *von mises stress* dengan nilai *minimum* $1.655 \times 10 \text{ N/m}^2$ dan *maximum* $3.014 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Nilai *maximum* melampaui nilai dari *yield strength* sehingga *finger* pada bagian tengah *window clamp* mengalami deformasi.

4.3.2. Simulasi *strain*(regangan) pada *window clamp*

Pada proses simulasi *window clamp* dilakukan simulasi *strain*(regangan) dengan beban sebesar 1.97N. *Strain*(regangan) adalah perubahan panjang suatu benda persatuan panjang mula-mula, karena pengaruh gaya.



Gambar 21. *Strain Simulation* pada *window clamp*

Pada proses simulasi ini didapatkan hasil *strain*(regangan) hasil *minimum* sebesar -0.000091mm dan *maximum* sebesar 0.000094mm.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada *clamp paddle set* DSO-16 30 yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Menggunakan vendor Mica dapat mengurangi biaya pembelian *spare parts* dan mengurangi waktu tunggu yang lama akibat proses fabrikasi dalam pemesanan.
2. Pada simulasi dengan beban 1.97N pada simulasi *stress* didapatkan nilai *minimum* $1.655 \times 10 \text{ N/m}^2$ dan *maximum* $3.014 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan *strain*(regangan) memiliki hasil *minimum* sebesar -0.000091mm dan *maximum* sebesar 0.000094mm.
3. Berdasarkan hasil simulasi analisis *maximum yield strength* pada *window clamp* adalah $2.75 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Jika beban yang diberikan melampaui nilai *maximum yield strength* maka, akan berakibat fatal pada *window clamp* saat proses *wire bonding*.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisa pada *clamp paddle set* DSO-16 30 yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Perlu analisa *material properties* dengan tingkat ketahanan terhadap panas dan defleksi yang relatif untuk *improvement* yang mungkin dilakukan pada proyek selanjutnya.
2. Perlu pembelajaran dan *training* khususnya di Industri *micro mechanic* agar industri lokal bisa bersaing dengan mancanegara.
3. Ruang lingkup dunia *semiconductor* yang luas sehingga perlu pengembangan dan pembelajaran yang lebih *advance* didunia industri *semiconductor* khususnya dikampus Politeknik Negeri Batam untuk bersaing di tingkat *International*.

Biodata



Nama : Muhammad Sabrie Firdaus
TTL : Batam, 27-06-1998
Agama : Islam
Alamat : Tg. Uma R.03 Rw.05 No.72
Email : Sabrie.firdaus@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SMA/SMK: SMAN 12 Batam
: PTN/PTS : D3 Teknik Mesin
Polibatam

Daftar Pustaka

- [1] F. Arrasyid, "Analisis Pengaruh Penambahan Fototransistor PNP pada Sistem Serat Optik," *J. Pendidik. Sains dan Komput.*, vol. 2, no. 02, pp. 218–222, 2022, doi: 10.47709/jpsk.v2i02.1526.
- [2] E. Childhood and S. W. Version, "ng Ve r si Ve r," pp. 1–30, 2019.
- [3] K. Bielizczuk, J. Zręda, and T. M. Chmielewski, "Influence of Cylindrical Cells Surface Cleaning by Means of Laser Ablation on Wedge Wire Bonding Process," *Coatings*, vol. 14, no. 4, 2024, doi: 10.3390/coatings14040445.
- [4] H. Zhou *et al.*, "Research Progress on Bonding Wire for Microelectronic Packaging," *Micromachines*, vol. 14, no. 2. MDPI, Feb. 01, 2023. doi: 10.3390/mi14020432.
- [5] A. Meemoosor, "ของวงจรรวม Design of Experiment for Improving Wire Bonding Process of Integrated Circuit การออกแบบการทดลองเพื่ อปร บปร ิ่งกระบวนการเซ อมลวดวงจรไฟฟ ฟ้า ของวงจรรวม Design of Experiment for Improving Wire Bonding Process of Integrated Circuit".
- [6] H. Kang, A. Sharma, and J. P. Jung, "Recent progress in transient liquid phase and wire bonding technologies for power electronics," *Metals (Basel)*, vol. 10, no. 7, pp. 1–21, 2020, doi: 10.3390/met10070934.
- [7] R. A. A. Narvadez, F. R. I. Gomez, A. R. Moreno, and E. M. G. Jr., "Assembly Wirebond Process Solution for Mitigating Leadframe Bouncing on Multi-Die QFN Device," *J. Eng. Res. Reports*, vol. 20, no. 9, pp. 7–12, 2021, doi: 10.9734/jerr/2021/v20i917369.
- [8] T. Fadiji, T. M. Berry, A. Ambaw, C. Coetzee, and U. L. Opara, "Finite element analysis (FEA) - An effective and efficient design tool in food packaging industries: A review," in *Acta Horticulturae*, International Society for Horticultural Science, Apr. 2018, pp. 245–252. doi: 10.17660/ActaHortic.2018.1201.33.
- [9] D. W. Hendarmin, R. Hanifi, and V. Naubnome, "PERANCANGAN STRUKTUR MOBIL LISTRIK 'JETZ' DAN ANALISIS STATIK MENGGUNAKAN FEA (FINITE ELEMENT ANALYSIS)".
- [10] A. Haryanti, N., Sanjaya F.L., dan Suprihadi, "Rancang Bangun Kerangka Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbantu Perangkat Lunak Solidworks," *Sidang Tugas Akhir Jenjang Diploma III Tek. Mesin Politek. Harapan Bersama Tahun 2021*, pp. 1–8, 2021, [Online]. Available: <http://eprints.poltektegal.ac.id/794/2/4>. Jurnal Nunung Haryanti 18021020.pdf
- [11] M. Meinhold *et al.*, "A wirebonding instrument for insulated and coaxial wires," *J. Microelectron. Electron. Packag.*, vol. 17, no. 2, pp. 52–58, 2020, doi: 10.4071/imaps.1115585.

- [12] O. Novyanto and E. Pratiwi, "A Preliminary Study to Evaluate The Topography of Narrow Surface Plate," *Instrumentasi*, vol. 39, no. 1, pp. 1–8, 2015.
- [13] T. Hidayat, J. Teknik Elektro, and P. G. Negeri Jakarta Jl Siwabessy, "Implementasi Sistem Pengukuran Suhu Pada Pemindahan Pola Gambar Ke Papan Tembaga Dalam Pembuatan PCB," pp. 8–13, 2018.
- [14] N. A. Puspitasari and P. Nugraha, "Simulasi Stress Analysis Pembebanan Statis Dengan Bantuan Software Solidworks Pada Hasil Perancangan Ladder Frame Chassis Mobil Listrik Menggunakan Material AISI 4340," *Semin. Nas. –XX Rekayasa dan Apl. Tek. Mesin di Ind.*, no. November, pp. 25–33, 2021.
- [15] S. Suryady and A. D. Sapto, "Analisis Pembebanan Statis terhadap Rangka Mesin Alat Pengaduk untuk Adonan Donat menggunakan Software FEA Jurnal Teknik Mesin : Vol . 13 , No . 1 , Februari 2024 ISSN 2549-2888," vol. 13, no. 1, pp. 22–29, 2024.

Lampiran

FORMULIR LOGBOOK BIMBINGAN DAN PENGAJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Sabrie Firdaus
NIM : 4212031008
Pembimbing : Diono, S.Tr. T., M.Sc
Judul : Analisa Rancang bangun Mekanikal pada *Clamp Paddle Set* DSO 16-30 Untuk mengurangi biaya produksi dengan metode *Finite Element Analysis*

No	Hari/Tgl	Rincian Kegiatan	Paraf Pembimbing
1	Rabu/30.08.2023	Bimbingan tentang gambaran Tugas Akhir(Online)	
2	Jum'at/08.09.2023	Menjelaskan proyek yang akan menjadi TA	
3	Jum'at/15.09.2023	Bimbingan mengenai judul Tugas Akhir	
4	Kamis/21.09.2023	Menentukan Judul Tugas Akhir	
5	Rabu/04.10.2023	Sharing mengenai Tugas akhir menggunakan PPT	
6	Jumat/21.10.2023	Bimbingan Progress Tugas Akhir	
7	Jumat/28.10.2023	Bimbingan Progress Tugas Akhir BAB II	
8	Selasa/ 08.11.2023	Bimbingan Progress Tugas Akhir BAB II	
9	Jum'at/17.11.2023	Bimbingan Progress Tugas Akhir BAB III	
10	Jum'at/24.11.2023	Bimbingan Progress Tugas Akhir BAB III	
11	Selasa/30.01.2024	Bimbingan Progress Revisi Tugas Akhir BAB III	
12	Selasa/20.02.2024	Bimbingan Progress Simulasi Tugas Akhir BAB IV	
13	Rabu/22.05.2024	Bimbingan Progress Simulasi Tugas Akhir BAB IV	
14	Rabu/19.06.2024	Bimbingan Progress Review Tugas Akhir	

Berdasarkan hasil bimbingan yang telah dilaksanakan selama 8 bulan dan telah disetujui oleh dosen pembimbing, maka dengan ini saya mengajukan diri sebagai peserta Sidang Tugas Akhir.

Batam, 24 Juni 2024

Peserta,

Muhammad Sabrie Firdaus

NIM: 4212031008