

# **Analisis Penyimpangan Dimensi Produk Hasil Metoda Single Point Incremental Forming Dengan Material SPCC 270 Dan Aluminium Alloy**

Uli Wikanda; Ayi Ruswandi, Masch.Ing.HTL, M.T.

*Teknik Mesin dan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung  
Jalan Kanayakan No. 21, Dago – Bandung 40135, Jawa Barat, Indonesia  
Email: uwikanda@gmail.com; aruswandi@polman-bandung.ac.id*

## **Abstrak**

Era saat ini ada teknik pembentukan produk *deep drawing* yang dinamakan dengan *incremental sheet metal forming* (ISMF). Metoda pembuatan produk *deep drawing* ini digunakan untuk produk dengan jumlah terbatas. Proses pembuatan produk dengan metoda ISMF ini belum digunakan di industri yang ada di Indonesia, karena metoda ini belum banyak dipelajari dan belum terbukti kualitas hasil akhirnya.

Prinsip dasar pembentukannya adalah dengan metoda *layer*, dimana alat pembentuk berupa *tool* setengah bola bergerak mengikuti alur *tool path* dalam program *numerically controlled*, proses pembentukannya dilakukan dengan tahapan *layer per layer*. Terdapat dua jenis proses dalam metoda ISMF yaitu *single point incremental forming* (SPIF) dan *two point incremental forming* (TPIF). Proses yang dilakukan sangat fleksibel, tidak membutuhkan alat bantu yang mahal.

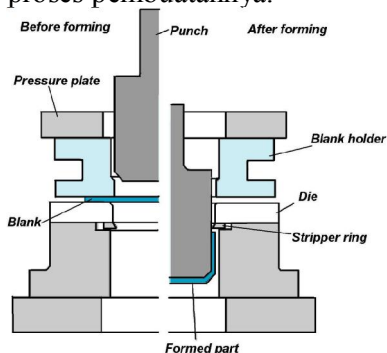
Didalam karya tulis ini akan dilakukan proses pembuatan produk *deep drawing* menggunakan material SPCC 270 dan Aluminium Alloy dengan metoda *single point incremental forming* (SPIF), kemudian proses pengambilan data 3D hasil proses SPIF menggunakan mesin *3D Scanning* dan pengukuran penyimpangannya dengan metoda komparasi yaitu membandingkan antara produk hasil proses SPIF dengan model 3D CAD generiknya dengan menggunakan *software GeoMagic Qualify 2013*, hasil akhir dari karya tulis ini adalah untuk mendapatkan data penyimpangan produk hasil SPIF.

Parameter yang digunakan dalam proses SPIF ini diambil dari literatur yang didapatkan penulis dari hasil pencarian dari internet.

Kata kunci : *Incremental Sheet Metal Forming, Single Point Incremental Forming, Reverse Engineering, 3D Scanning*, komparasi.

## Pendahuluan

Industri pembuatan produk dengan cara konvensional seperti *presstool* sudah banyak sekali digeluti terutama untuk komponen pada otomotif karena memiliki keuntungan *cycle times* pembentukan yang cepat, akurasi yang baik, dan bisa membentuk dengan bentuk yang kompleks. Namun metoda tersebut juga memiliki kerugian biaya tool dan peralatan mahal, material yang biasa cepat aus dan material yang bagus mahal dan membutuhkan waktu untuk membuatnya juga membutuhkan skill pekerja yang baik dalam proses pembuatannya.



Gambar 1. Cara kerja *deep drawing* (Sumber : *Instituto Superior Technico*, tentang *Single Point Incremental Forming*)

Contoh dalam proses pembuatan *cover disk brake* untuk komponen mobil; pembuatan konsep perancangan, proses manufaktur kemudian *set-up* alat bisa memakan waktu yang cukup lama akibatnya dalam rencana pengadaan komponen tersebut harus bisa merencanakan beberapa waktu sebelumnya untuk mencapai waktu saat produk dibutuhkan.

Dalam mencari alternatif proses *sheet metal forming* yang bisa digunakan, banyak metoda baru *sheet metal forming* sudah dipelajari. Salah satu alternatif tersebut adalah metoda ISMF. ISMF adalah teknologi untuk *sheet metal forming* yang belum banyak dipakai. ISMF merupakan proses fleksibel, *set-up* untuk pembuatan produk baru bisa dihitung dalam hitungan jam tidak perlu harian seperti yang dilakukan pada pembentukan metoda tradisional. Komponen yang mempunyai bentuk kompleks dapat dibentuk dengan menggunakan *computer numerically controlled* (CNC). Data CAD

digunakan untuk mendapatkan produk yang akurat. Tidak banyak menuntut pekerjaan manual, dan demikian pula dengan proses pembuatan produk berikutnya hasilnya akan baik. Kelemahan dari proses ini adalah pembentukan produk membutuhkan waktu yang lama. Untuk alasan tersebut, ISMF biasanya dipakai untuk prototipe dan untuk pembuatan produk yang terbatas.

Proses pembuatan produk *sheet metal forming* dengan metoda ISMF belum digunakan di industri yang ada di Indonesia, karena metoda ini belum banyak dipelajari dan belum terbukti kualitas hasil akhirnya. Artinya syarat tuntutan produk yang baik adalah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan, antara lain ketercapaian dalam aspek dimensi/toleransi maupun bentuk geometri/konturnya.

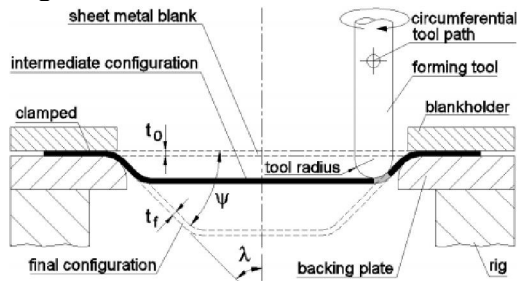
Untuk mengembangkan metoda tersebut maka perlu dilakukan penelitian guna mendapatkan hasil yang bisa dijadikan acuan dalam pembuatan produk *sheet metal forming* yang lebih baik dan bisa dipakai untuk industri. Untuk itu perlu dilakukan kajian yang lebih spesifik dengan melakukan pengukuran produk hasil metoda ISMF dengan cara membandingkan produk hasil ISMF dengan data 3D CAD generiknya sehingga bisa mendapatkan data penyimpangannya.

Pada penelitian ini akan dilakukan kajian tentang pengukuran penyimpangan produk SPIF dengan metoda komparasi pada produk dengan bentuk piramid. Pemilihan bentuk produk piramid yang dipilih karena mengacu pada referensi literatur yang penulis dapatkan dari salah satu teori SPIF. Sehingga bisa memudahkan dalam aspek penentuan parameter kondisi proses yang dipakai dan juga kemudahan dalam proses pengukurannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan penyimpangan material SPPC 270 dan Aluminium Alloy pada produk SPIF

### *Incremental Sheet Metal Forming* (ISMF)

ISMF adalah salah satu alternatif teknik *sheet metal forming* yang menghasilkan bentuk akhir benda kerja yang dilakukan dengan cara penekanan pelat *blank* menggunakan perkakas khusus berupa

penekan berbentuk bola serta melibatkan perangkat pemrograman (CNC). ISMF merupakan proses *forming* untuk memproduksi *prototype* komponen secara cepat dengan jumlah terbatas. Proses ISMF umumnya dilakukan dengan menjepit pelat *sheet metal* pada bidang XY, yang bebas bergerak sepanjang sumbu Z. Alat penekan biasanya berupa bola yang bergerak pada bidang XY dan dikoordinasikan dengan pergerakan sumbu Z untuk bagian yang diinginkan.



Gambar 2. Skema Diagram proses *Incremental Sheet Metal Forming*

### Tipe Pembentukan ISMF

Dari metoda operasinya, ISMF dapat dibedakan dalam dua metoda dasar:

1. *Single Point Incremental Forming (SPIF)*
2. *Two Point Incremental Forming (TPIF)*

### *Single Point Incremental Forming (SPIF)*

SPIF adalah proses modern teknologi pembentukan pelat lembaran/*sheetmetal* yang dipakai pada pembuatan *prototyping* komponen secara cepat tanpa memerlukan perkakas khusus/*die* untuk pembentukan tiap geometri per komponen. Metoda ini dapat dipergunakan untuk memproduksi bagian kompleks dengan biaya rendah, secara masal dengan jumlah yang tidak terlalu banyak/*small - medium batch*. Salah satu masalah utama dalam proses pembentukan metoda SPIF ini adalah akurasi yang dapat dicapai, yang seringkali bergantung pada penerapan parameter proses.

### Keuntungan :

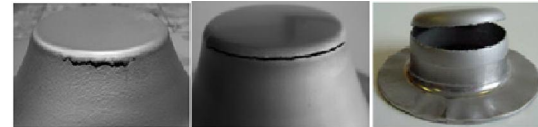
- Pembuatan produk langsung dari file CAD;
- Tidak membutuhkan *punch* dan *die*;
- Perubahan desain mudah dan langsung digunakan;

- Meningkatkan sifat material mampu bentuk;
- Dapat dioperasikan pada mesin CNC konvensional;
- Karena peningkatan mampu bentuk, maka tekanan pembentukan kecil;
- Dimensi produk dibatasi oleh dimensi mesin;
- Permukaan dengan kualitas yang baik bisa dicapai.

### Kekurangan :

- Waktu pembentukan lebih lama dibandingkan dengan proses konvensional *deep drawing*;
- Hanya untuk produksi dengan jumlah terbatas;
- Pembentukan sudut yang sesuai kebutuhan hanya bisa dicapai dengan strategi beberapa tahap;
- Terjadi *springback*, walaupun dapat diminimalkan menggunakan beberapa koreksi algoritma;
- Akurasi Geometri kurang, terutama di bagian radius dan area tepi bending.

### Cacat Produk



Gambar 3. Cacat produk akibat proses SPIF

### Konsep Dasar Pemrograman

Sistem pemrograman mesin CNC mengacu pada prinsip diagram *Cartesian*. Pada proses pemotongan/pemakanan umumnya alat potong bergerak menuju benda kerja. Untuk menentukan pergerakan posisi alat potong digunakan dua metoda;

1. Posisi absolut

Penentuan posisi target pergerakan alat potong ini didasarkan pada titik acuan nol sistem koordinat/titik origin.

2. Posisi inkremental

Penentuan posisi target selanjutnya pergerakan alat potong didasarkan pada posisi relatif pergerakan alat potong akhir.

### Tuntutan Dalam Pembuatan Program :

1. Mendefinisikan geometri produk,
2. Mendefinisikan geometri *tool* (pahat),

3. Identifikasi kebutuhan tahapan proses machining,
4. Perencanaan *toolpath* (lintasan pahat),
5. Simulasi *toolpath* (lintasan patah),
6. Membuat data CL dan file MCD.

Pemrograman NC; kemampuan pemrogram dalam memakai CAM untuk menghasilkan file lokasi pahat (data CL) diperlukan untuk mendefinisikan *tool path*. Lokasi pahat belum dapat diterjemahkan oleh mesin NC sebelum dilakukan *postprocessing*.

Data CL yang dihasilkan oleh CAM harus diproses lebih lanjut yang dikenal sebagai *postprocessing*. Dengan suatu *software post processor*, maka data CL dapat diubah menjadi G-code yang dapat diterjemahkan oleh mesin NC.

### Proses Kondisi

Proses pembuatan *tool path* yang akan dilakukan menggunakan parameter kondisi proses yang sudah ada. Referensi tersebut diambil dari literatur dari salah satu thesis yang dilakukan pada *Instituto Superior Technico*, tentang *Single Point Incremental Forming*.

Tabel 1. Kondisi proses

<i>Tool diameter</i>	8	12	20	30	50
<i>Step down</i>	0.35	0.5	0.83	1.25	2.1
<i>Spindle speed</i>	53	35	21	14	8
<i>Feed</i>	1000	1000	1000	1000	1000

### 3D Scanning

Dalam persaingan global, setiap perusahaan harus selalu mengembangkan produk barunya dan mereduksi waktu pengembangan produk tersebut. Teknologi 3D Scanning adalah solusi teknologi terkini yang bisa mengakomodasi pemenuhan kebutuhan akan konsep produk baru dengan metoda pengambilan produk 3D.

Cara kerja mesin 3D scanner ini adalah mengambil data model geometri produk nyata dengan menggunakan kedua lensa dan lampu sebagai cahaya untuk mendapatkan fokus produk yang diambil.

Prosedur proses pengambilan data dengan alat ini adalah :

1. Persiapan produk, diberi tanda (*point marker*) dan bedak (*super check*),
2. Kalibrasi kamera,
3. Memposisikan kamera,
4. Proses scanning,
5. Pengambilan data model produk berbagai posisi,
6. Penggabungan model/*polygonization*,
7. *Editing surface* ke *surface CAD*,
8. *Surface CAD* lengkap.

### Pengukuran

Pengukuran dalam arti yang umum adalah membandingkan suatu besaran dengan besaran acuan/pembanding/referensi. Proses pengukuran akan menghasilkan angka yang diikuti dengan nama besaran acuan ini. Bila tidak diikuti nama besaran acuan, hasil pengukuran menjadi tidak berarti. Besaran standar yang digunakan dalam setiap proses pengukuran dapat merupakan salah satu atau gabungan besaran-besaran dasar.

### Metoda Pengukuran 3D Compare Menggunakan Software GeoMagic Qualify

*GeoMagic Qualify* adalah salah satu industri piranti lunak yang banyak digunakan untuk memeriksa kualitas dan mengukur geometri 3D dengan akurasi tinggi, kecepatan pemeriksaan dan hasil laporan kualitas secara menyeluruh.

Pengukuran *3D compare* adalah pengukuran dengan cara membandingkan produk hasil proses dengan data original model produk aslinya untuk mendeteksi perbedaan ukuran, deformasi, dan lain-lain. Objek yang akan dites bisa berupa *point*, *polygon* atau data *CAD* dan objek sebagai referensi bisa menggunakan *polygon* atau data *CAD*. Jika hasil tes masuk dalam batasan atas dan bawah toleransi yang ditentukan maka warna hasil komparasi akan menjadi hijau.

### Analisis Data Pengukuran

Setiap proses pengukuran akan menghasilkan data pengukuran, yaitu kumpulan harga hasil pengukuran. Berdasarkan data ini suatu penjelasan harus disimpulkan sehingga hasil pengukuran menjadi lebih bermakna dan memenuhi tujuan pengukuran. Seperti juga proses

pembuatan produk, proses pengukuran pun juga mengalami variasi, yang berarti hasilnya dapat berbeda-beda apabila proses pengukuran diulang. Sebaran data atau besar kecilnya perbedaan antara satu harga terhadap harga lainnya dipengaruhi oleh cara atau metoda pengukuran, kecermatan alat ukur dan kondisi proses pengukuran (alat, benda ukur dan lingkungan).

Menghitung harga rata-rata merupakan suatu usaha untuk mencari harga yang dapat dianggap sebagai wakil dari beberapa harga yang bervariasi. Keterangan mengenai sampai seberapa jauh harga-harga pengukuran bervariasi menentukan ketepatan proses pengukuran yang bersangkutan.

### Deviasi Rata-rata (*Average Deviation*)

Deviasi rata-rata merupakan deviasi nilai-nilai individu dari nilai rata-ratanya. Rata-rata bisa berupa *mean* atau *median*. Pada umumnya simpangan rata-rata dihitung dari *mean* yang sering digunakan untuk nilai deviasi rata-rata.

### Deviasi Standar (*Standard Deviation*)

Satuan harga rata-rata adalah sama dengan satuan harga hasil pengukuran ( $\mu\text{m}$ , m, kg, V dan sebagainya), sedangkan satuan varian tidak lagi sama dengan satuan semula (karena telah dikuadratkan). Supaya diperoleh harga dengan satuan yang sama dengan hasil pengukuran, dari varian ditarik akarnya sehingga didapat harga yang disebut dengan deviasi standar. Baik deviasi rata-rata maupun deviasi standar keduanya berguna sebagai ukuran untuk mengetahui variabilitas data dan untuk mengetahui homogenitas data.

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left( \sum f \cdot M_i \cdot \frac{(\sum f \cdot M_i)^2}{\sum f} \right)$$

dimana :

- S = standar deviasi
- f = frekwensi
- M = Mean (harga rata-rata)

## Metodologi Penelitian

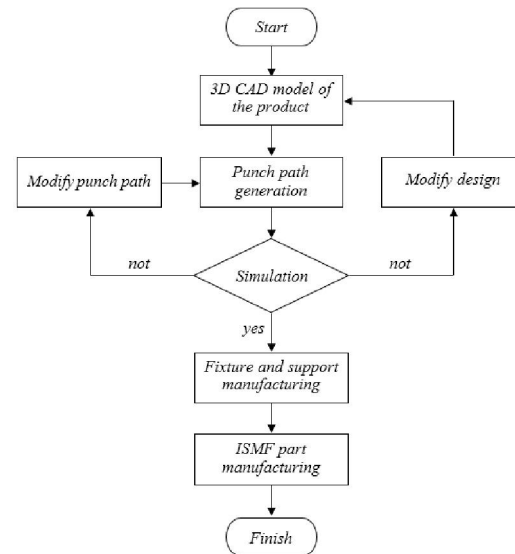
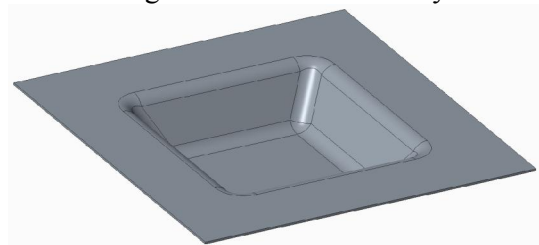


Diagram alir 1. *The proposed ISMF process* (Tuomi & Lamminen, 2004)

## Pembuatan Model 3D

Proses pembuatan model 3D menggunakan *software* *Creo 2.0*. Pemilihan model produk yang akan dijadikan sebagai bahan untuk pengujian ini adalah model sederhana dengan bentuk piramid, tujuannya agar lebih mudah dalam proses pengukurannya. Ukuran blank 1x170x170 mm dan ukuran jadi produk 26x170x170 mm. Besar geometri radius semuanya 7 mm.



Gambar 4. Model 3D piramid

## Punch Tool

Bahan yang digunakan untuk pembuatan *punch tool* menggunakan jenis HSS (*high strength steel*) dengan ukuran  $\varnothing 12 \times 100$ .



Gambar 5. *Punch tool*

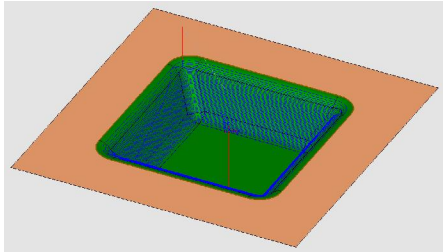
### Pembuatan *Punch Path*

Proses SPIF menggunakan *punch tool* diameter 12, maka parameter kondisi prosesnya, sebagai berikut :

- *Step down* : 0.5 [mm]
- *Spindel speed* : 35 [rpm]
- *Feed* : 1000 [mm/min]

Prosedur operasi proses yang dibuat dalam program *tool path* menggunakan data metoda proses sebagai berikut :

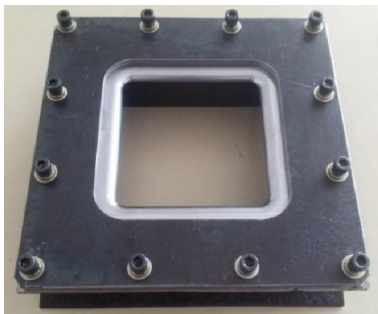
- *Main Selection* : *Surface Milling*
- *Subselection* : *Finish Mill All*
- *Mill all areas* : *Layers*



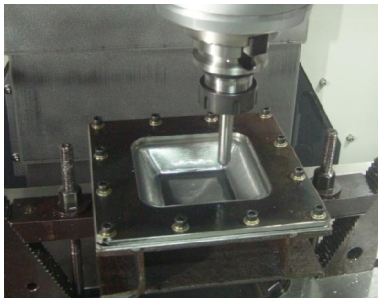
Gambar 6. Simulasi Gerakan *Punch Tool*

### Pembuatan *Fixture*

*Fixture* benda kerja dalam proses ISMF tidak bisa menggunakan klemping dengan bentukan yang standar tetapi memerlukan sistem klemping yang khusus sesuai dengan tuntutan bentuk dari produk yang akan dibuat.



Gambar 7. Alat bantu pemegang SPIF

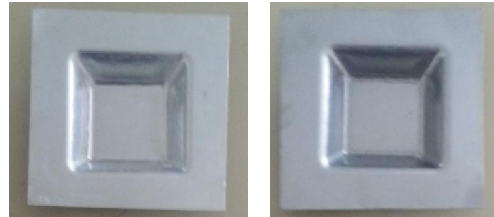


Gambar 8. Proses SPIF

### Pelumasan

Pemberian pelumasan bisa mengurangi gesekan yang terjadi antara benda kerja dan *punch tool* juga bisa meningkatkan hasil kualitas permukaan. Dalam pengujian ini pelumasan yang digunakan adalah jenis *Cutting Oil* tipe *Isocut VG 32*.

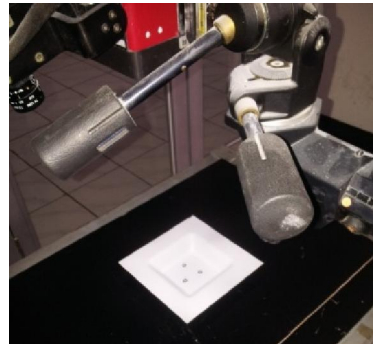
### Hasil Sampel Uji



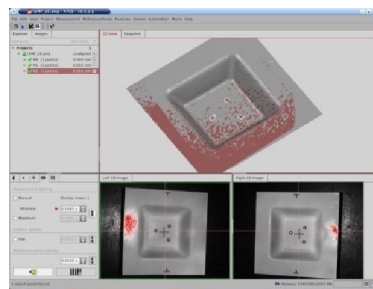
Gambar 9. Sampel uji Material SPCC 270 & Sampel uji Material Aluminium Alloy

### Proses *Scanning*

Letakkan produk diatas meja dengan posisi tegak lurus terhadap cahaya lensa, kemudian atur fokus lensa dan lakukan pengambilan data. Apabila produk yang discan memiliki kontur yang kompleks maka pengambilan data akan dilakukan beberapa kali dengan sudut pengambilan yang beda namun dalam kasus ini produk memiliki kontur tidak kompleks maka pengambilan data cukup 3 kali pemotretan.



Gambar 10. Proses scanning sampel uji



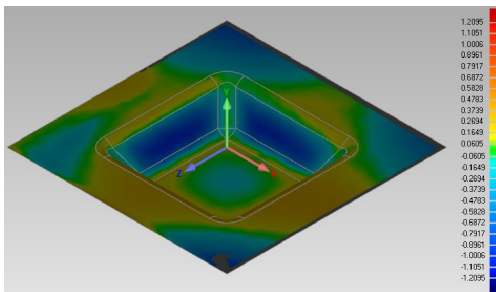
Gambar 11. Model hasil scanning sampel uji



## Hasil Komparasi Sampel Uji

Tabel 2. Hasil komparasi

Tolerance Type	3D Deviation
Max. Critical	1.2095
Max. Nominal	0.0605
Min. Nominal	-0.0605
Min. Critical	-1.2095
Deviation	
Max. Upper Deviation	0.4043
Max. Lower Deviation	-1.2095
Average Deviation	0.1676 / -0.3268
Standard Deviation	0.3361



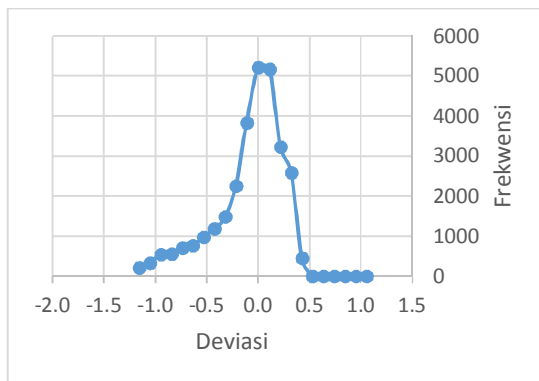
Gambar 12. Hasil komparasi 3D

$$S^2 = \frac{1}{\sum f - 1} \left( \sum f \cdot M_i \cdot \frac{(\sum f \cdot M_i)^2}{\sum f} \right)$$

$$S^2 = \frac{1}{29420 - 1} \left( -2679,6676 \cdot \frac{(3576)^2}{29420} \right)$$

$$S^2 = 0,1133$$

$$S = \sqrt{0,1133} = 0,3365$$



Gambar 13. Kurva distribusi deviasi sampel uji

## Kesimpulan

- Rata-rata deviasi untuk sampel uji 1 material SPCC 270 sebesar 0.1833 dan -0.4446,
- Rata-rata deviasi untuk sampel uji 2 material SPCC 270 sebesar 0.2118 dan -0.4700,
- Rata-rata deviasi untuk sampel uji 3 material SPCC 270 sebesar 0.2587 dan -0.5028,
- Rata-rata deviasi untuk sampel uji 4 material Aluminium sebesar 0.1142 dan -0.3331,
- Rata-rata deviasi untuk sampel uji 5 material Aluminium sebesar 0.1676 dan -0.3268,
- Rata-rata deviasi untuk sampel uji 6 material Aluminium sebesar 0.1139 dan -0.3431.

## Saran

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan ini, perlu dilakukan penelitian dan percobaan lebih lanjut guna mendapatkan hasil yang lebih baik, yaitu :

1. Perlu dikaji lagi parameter kondisi proses dan *tool path* yang sudah ada karena hasil bentuk geometri yang terjadi tidak sesuai dengan spesifikasi produk yang diinginkan,
2. Perlu pengembangan lebih lanjut dengan variasi bentuk produk yang beda.

## Daftar Pustaka

- Budiarto. *Sheet Metal Forming* 3. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung (2013).
- Joao Luis Padrao de Brito Camara. *Single Point Incremental Forming*. Instituto Superior Tecnico (2009).
- Taufiq Rochim. *Spesifikasi, Metrologi & Kontrol Kualitas Geometrik*. Penerbit ITB (2001).