

ANALISIS PENGARUH GAYA TERHADAP KEDALAMAN KONTUR *DRAWING* PADA *SHEET METAL* BERBAHAN ALUMINIUM DENGAN KETEBALAN 1,5 MM

Hary Abdul Rachman⁽¹⁾ & Hartono Widjaja

Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

Jl. Kanayakan No. 21 - Dago, Bandung – 40135

Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649

⁽¹⁾Email: haryabdulrachman@gmail.com

Abstrak

Metal stamping die (press tool) merupakan alat yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk dengan jumlah yang banyak, bentuk yang sama, serta kualitas dan dimensi yang akurat.

Drawing adalah salah satu proses pada *press tool* dimana *punch* menekan *sheet metal* sehingga *sheet metal* mengalir di antara permukaan *punch* dan *die* dan terbentuk menjadi bentuk *hollow*. Selama ini, rumus umum gaya *drawing* adalah $F_{dr} = d \cdot \pi \cdot s \cdot R_m \cdot n$, namun pada rumus tersebut tidak mendefinisikan kedalaman kontur *drawing* tertentu.

Berdasarkan spesifikasi produk yang mengharuskan produk memiliki kedalaman kontur tertentu, rumus gaya umum *drawing* tersebut tidak dapat digunakan. Maka dari itu perlu dilakukan analisis mengenai pengaruh gaya *drawing* terhadap kedalaman kontur yang terbentuk.

Beban gaya yang dibutuhkan untuk memenuhi spesifikasi produk didapat dari regresi linear. Rumus regresi ini didapatkan dari data empiris hasil uji coba menggunakan *press tool drawing*. Kedalaman kontur yang terbentuk pada produk hasil uji coba diukur menggunakan *dial indicator* dengan kecermatan 0,01 mm.

Kata kunci: *sheet metal, press tool, drawing, gaya.*

1. Pendahuluan

Metal stamping die (press tool) merupakan alat yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk dengan jumlah yang banyak, bentuk yang sama, serta kualitas dan dimensi yang akurat. Salah satu proses yang dapat dilakukan menggunakan *press tool* adalah *drawing*.

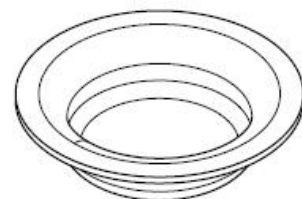
Drawing adalah sebuah proses pada *press tool* dimana *punch* menekan *sheet metal* sehingga *sheet metal* mengalir di antara permukaan *punch* dan *die* dan terbentuk menjadi bentuk *hollow*. Proses *drawing* kerap kali dibutuhkan di dunia industri, khususnya pada bidang manufaktur seperti komponen-komponen otomotif, dan bidang lainnya.

Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan proses *drawing* adalah kesesuaian gaya yang diberikan sehingga mencapai bentuk dan dimensi yang diinginkan. Selama ini rumus umum untuk menentukan gaya *drawing* yang dibutuhkan adalah $F_{dr} = d \cdot \pi \cdot s \cdot R_m \cdot n$, namun pada

rumus tersebut tidak mendefinisikan kedalaman kontur *drawing* tertentu sehingga penggunaan rumus tersebut tidak dapat memprediksi berapa kedalaman kontur *drawing* yang

akan terbentuk. Oleh karena itu, pada karya tulis ini akan dibahas mengenai penentuan gaya *drawing* yang dibutuhkan untuk mendapatkan kontur *drawing* dengan kedalaman tertentu.

Untuk menunjang penelitian ini, maka dibuatlah sampel produk yang dijadikan sebagai objek penelitian dengan bentuk seperti gambar berikut:

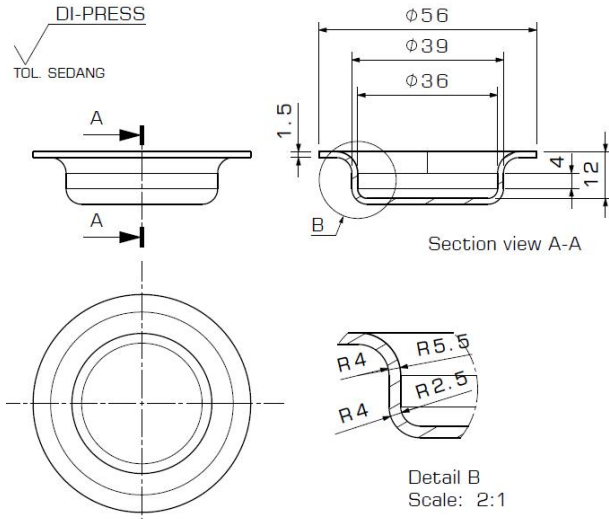


Gambar 1.1 Produk Eksperimental

2. Metodologi Penelitian

2.1. Merancang Produk Dan Tool Uji Coba

Produk yang dijadikan sebagai objek penelitian dibuat sesuai kebutuhan penelitian. Produk yang dibuat berbentuk “cup” hasil proses *drawing*. Berikut bentukan produk yang dibuat:

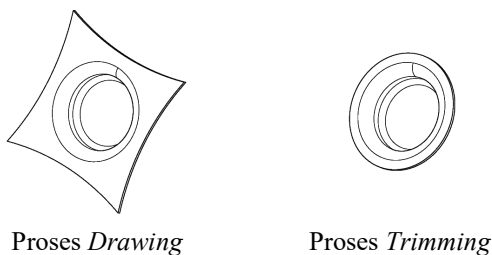


Gambar 2.1 Produk Eksperimental

Syarat bentukan:

1. Proses *drawing* hanya dilakukan 1 tahap.
2. Mudah dalam pembuatan *tools*, perakitan dan pengukuran produk.

Untuk membentuk produk ini setidaknya membutuhkan 2 tahapan proses, yaitu: *drawing* dan *trimming*.



Gambar 2.2 Tahapan Proses Produk Eksperimental

Namun pada penelitian ini, tidak dibuat hingga bentukan jadi, yaitu hingga proses *trimming*, melainkan hanya pada proses *drawing* saja dikarenakan analisis yang dilakukan hanya berkaitan dengan gaya *drawing* bukan analisis produk keseluruhan

2.2. Melakukan Simulasi Pada *Software ANSYS 19.2 Workbench*

Sebelum *tool* yang sebelumnya dirancang dibuat, maka dilakukan terlebih dahulu proses simulasi pembentukan *drawing* menggunakan *software ANSYS 19.2* untuk mengetahui apakah produk dapat terbentuk dengan baik tanpa terjadi kesobekan.

Langkah analisis dengan menggunakan *software ANSYS 19.2 Workbench* dimulai dengan proses penentuan analisis sistem yang digunakan, penentuan material uji, penentuan geometri untuk simulasi, proses *meshing*, penentuan perilaku simulasi, proses perhitungan, dan analisis hasil simulasi.

2.3. Melakukan Persiapan Sebelum Uji Coba

2.3.1. *Properties Material*

1. Tebal material uji : 1,494 mm
(Pengukuran menggunakan micrometer luar 0,001 mm)
2. Kandungan material uji

Tabel 2.1 Kandungan Material Uji

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
99,28	0,13	0,46	0,92	0,00	0,00	0,00
Ti	Cr	Ni	Pb	Sn	Na	Sb
0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Keterangan : satuan dalam persen (%)

3. Sifat fisik material uji

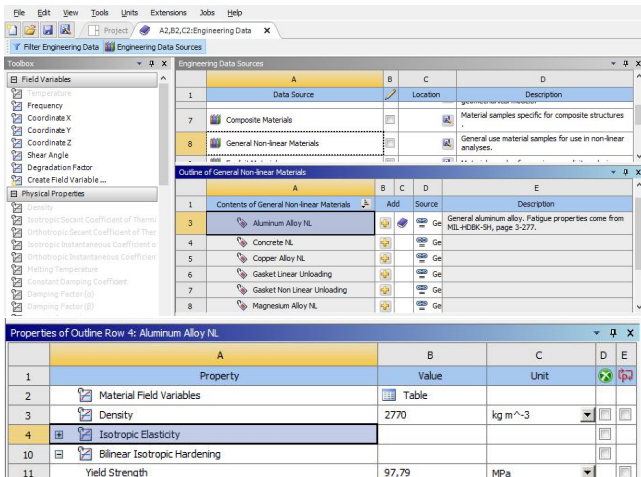
Tabel 2.2 Sifat Fisik Material Uji

No.	Nama Benda Uji	Yield Strength (σ_y) [N/mm ²]	Tensile Strength (σ_u) [N/mm ²]	Elongation (ϵ) [%]
1	Spesimen 1	110,49	117,39	11,52
2	Spesimen 2	68,06	115,73	18,00
3	Spesimen 3	114,82	119,42	18,14
Rata-Rata		97,79	117,51	15,89

2.3.2. Proses Simulasi

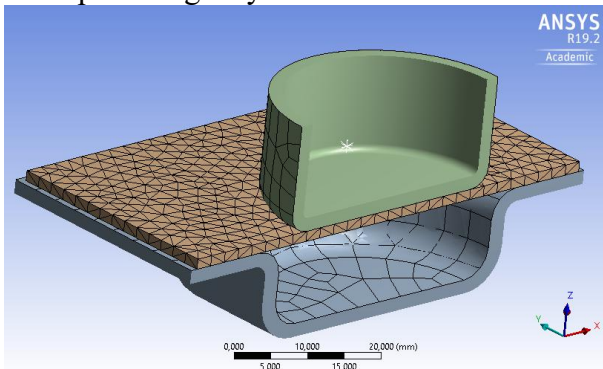
Simulasi menggunakan *ANSYS 19.2 Workbench*, dengan jenis analisis sistemnya adalah *static structural*.

Langkah pertama yang dilakukan yaitu memilih dan mengatur spesifikasi material uji.



Gambar 2.3 Pemilihan material

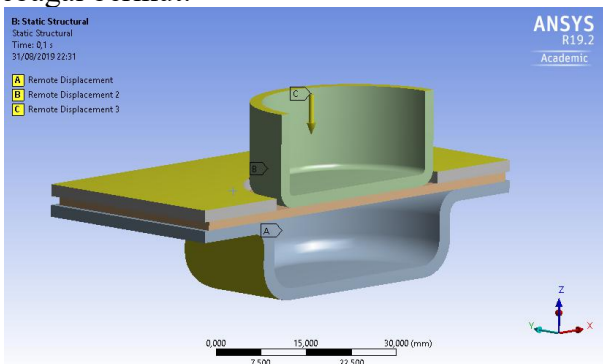
Kemudian didefinisikan geometri untuk simulasi, dan ditentukan besaran *meshing* untuk proses perhitungannya.



Keterangan: Ukuran *Mesh sheet metal* : 2,5 mm

Gambar 2.4 Penentuan geometri dan *meshing*

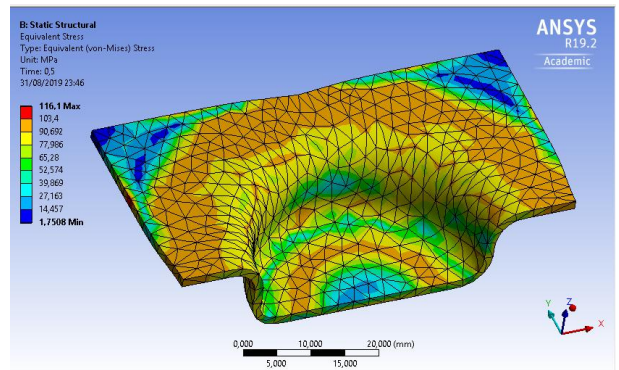
Kemudian ditentukan jenis perlakuan yang akan dilakukan analisis, dengan ketentuan sebagai berikut:



Gambar 2.5 Penentuan Perilaku Simulasi

1. *Blank Holder* (*Fixed* / Tidak bergerak)
2. *Die* (*Fixed* / Tidak bergerak)
3. *Punch* (Bergerak translasi pada arah z negatif sebesar 12 mm)

Hasil I Simulasi

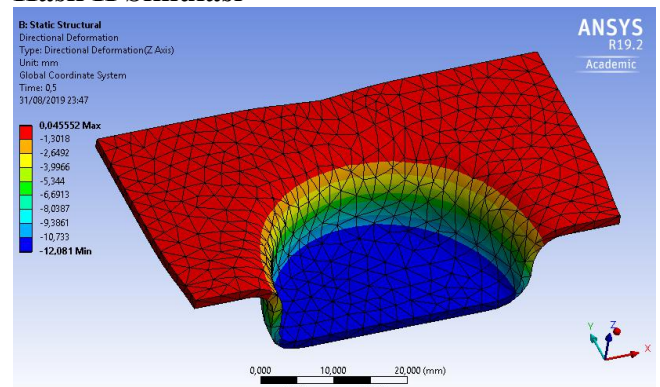


Gambar 2.6 Hasil I Simulasi

Dari gambar disamping dapat diketahui bahwa secara grafis tidak terjadi kesobekan pada sheet metal yang dibentuk.

Selain itu, mayoritas tegangan terbesar yang terjadi ditandai dengan warna orange pada *sheet metal* yang dibentuk adalah 103,4 MPa. Dimana besaran ini belum melebihi *tensile strength* yang dimiliki

Hasil II Simulasi

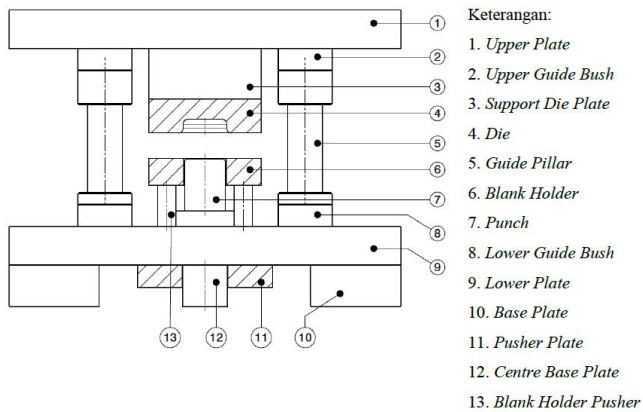


Gambar 2.7 Hasil II Simulasi

Dari gambar di samping dapat diketahui bahwa pembentukan produk eksperimental dapat mencapai kedalaman 12 mm.

2. 4. Pembuatan Tool

Setelah dilakukan proses simulasi, langkah selanjutnya adalah membuat *tool* yang telah dirancang sebelumnya. Berikut data *tool* yang dibuat:



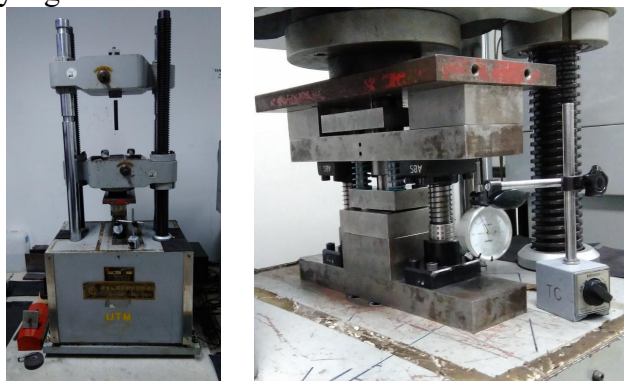
Gambar 2.8 Kontruksi *Tool* Yang Dibuat

Dengan ukuran *punch* dan *die* aktual sebagai berikut:

Nama Item	Standar Inspeksi (mm)	Tol. (mm)	Alat ukur	Hasil Inspeksi (mm)
ØPunch	Ø36	0 -0,01	CMM	Ø35,9432
R Punch	R2,5	±0,1	CMM	2,8880
ØDie	Ø39	+0,01 0	CMM	Ø38,9350
R Atas Die	R4	±0,1	CMM	R4,1075
R Bawah Die	R4	±0,1	CMM	R4,3564

2. 5. Proses Uji Coba

Uji coba selanjutnya dilakukan pada mesin *Universal Testing Machine Hung-Ta Instrument 8501* untuk mengetahui besaran gaya *drawing* yang dibutuhkan.



Gambar 2.9 Pengujian di *Universal Testing Machine Hung-Ta Instrument 8501*

Berikut data yang didapatkan dari uji coba:

Tabel 2.3 Uji Coba Produk Eksperimental

No	Pene-trasi (mm)	Gaya (N)	Visualisasi	Kedalaman yang Terbentuk (*) (mm)
1	2,50	4020		2,53
2	5,00	9010		5,08
3	7,50	14020		7,80
4	10,50	14940		10,54
5	11,50	14260		11,61
6	12,01	15090		12,24
7	12,05	26180		12,24

Keterangan :

- Gaya *drawing* pada tabel di atas adalah gabungan gaya *drawing* dengan gaya pegas sebesar 600 N untuk penetrasi 12 mm.

(*) Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *dial indicator* dengan resolusi 0,01 mm.

3. Perhitungan dan Analisis

3. 1. Perhitungan Gaya *Drawing* Teoritis

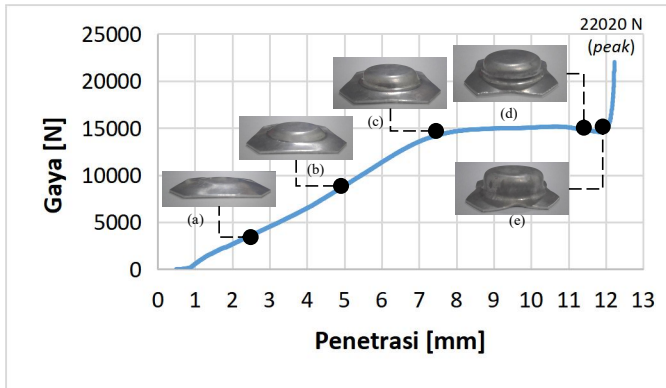
Gaya *drawing* untuk membentuk produk eksperimental dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F_{dr} &= d \cdot \pi \cdot s \cdot R_m \cdot n \\
 &= 36 \cdot \pi \cdot 1,5 \cdot 117,51 \cdot 1,1 \\
 &= 21928,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

3. 2. Proses Analisis

Dari hasil percobaan pembentukan *drawing* penetrasi 12 mm didapatkan grafik gaya terhadap perpindahan *punch* yang diambil dari data yang terekam pada komputer mesin *universal testing hung-ta* sebagai berikut:

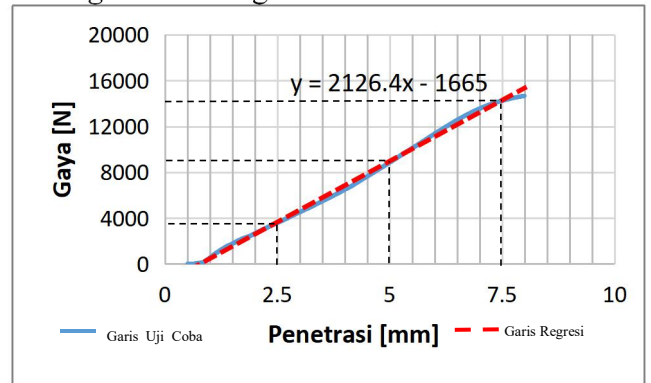
Diagram 3.1 Gaya Produk Eksperimental Hingga Penetrasi 12 mm



Keterangan :

1. Dari grafik di atas ini, diketahui bahwa dengan gaya 22020 N, produk terbentuk dengan kedalaman 12 mm. Namun pada aktualnya, dengan gaya 15090 N, produk sudah terbentuk hingga 12 mm (Lihat gambar (e) pada diagram di atas)
 2. Peningkatan gaya terhadap perpindahan *punch* tidak linier dari penetrasi 0 hingga 12 mm.
 3. Peningkatan gaya pada penetrasi 0-8 mm berubah secara linier dan cukup signifikan. Pada penetrasi 0-8 ini terbentuk radius atas *die* dan radius *punch* pada produk (Lihat gambar (a, b, dan c) pada diagram di atas).
 4. Peningkatan gaya pada penetrasi 8-12 mm cenderung stabil. Pada penetrasi 8-12 mm ini terbentuk bagian dinding lurus pada produk. (Lihat gambar (d dan e) pada diagram di atas)
 5. Peningkatan gaya pada penetrasi diatas 12 berubah secara sangat signifikan. Hal ini dikarenakan *punch* sudah mencapai titik mati bawah penetrasi dan menekan *die*.
- 1) Dari grafik penetrasi 0-8 mm didapatkan persamaan linier sebagai berikut:

Diagram 3.2 Regresi Pada Penetrasi 0-8 mm



Garis regresi yang didapat ini dilakukan perbandingan kembali dengan data uji coba secara bertahap yang sudah didapat sebelumnya untuk mengetahui kesesuaian rumus regresi dengan aktualnya.

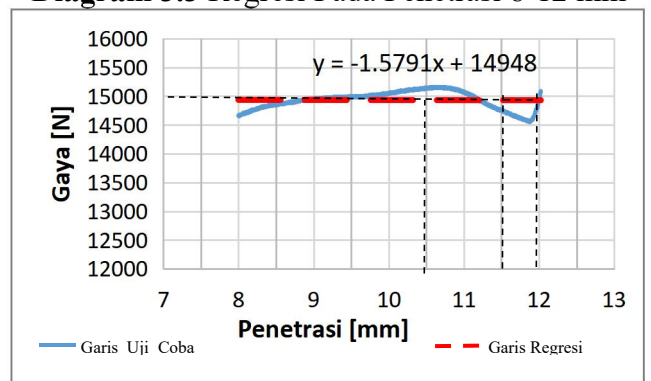
Tabel 3.1 Perhitungan Gaya Untuk Regresi Pada Penetrasi 0-8 mm

No	Penetrasi (mm)	Besaran Gaya <i>Drawing</i> Yang Didapat Dari Persamaan Linier (N)	Gaya Aktual Pada Mesin (N)	Selisih (N)
1	2,50	$y = 2126(x) - 1665$ $= 2126(2,5) - 1665$ $= 3650 \text{ N}$	4020	370
2	5,00	$y = 2126(x) - 1665$ $= 2126(5,0) - 1665$ $= 8965 \text{ N}$	9010	45
3	7,50	$y = 2126(x) - 1665$ $= 2126(7,5) - 1665$ $= 14280 \text{ N}$	14020	260

Hasil perhitungan dari rumus regresi mendekati gaya aktual pada mesin, dengan selisih terbesar yaitu 370 N.

- 2) Dari grafik penetrasi 8-12 mm didapatkan persamaan linier sebagai berikut:

Diagram 3.3 Regresi Pada Penetrasi 8-12 mm



Garis regresi yang ini pun dilakukan perbandingan kembali dengan data uji coba yang sudah didapat sebelumnya untuk mengetahui kesesuaian rumus regresi dengan aktualnya.

Tabel 3.2 Perhitungan Gaya Untuk Regresi Pada Penetrasi 8-12 mm

No	Pene-trasi (mm)	Besaran Gaya <i>Drawing</i> Yang Didapat Dari Persamaan Linier (N)	Gaya Pada Mesin (N)	Selisih (N)
1	10,60	$y = -1,58(x) + 14931,41$ $= -1,58(10,6) + 14931,41$ $= 14931,25 N$	14940	8,75
2	11,50	$y = -1,58(x) + 14931,41$ $= -1,58(11,50) + 14931,41$ $= 14929,83 N$	14260	669,83
3	12,02	$y = -1,58(x) + 14931,41$ $= -1,58(12,0) + 14931,41$ $= 14929,01 N$	15090	160,99

Hasil perhitungan dari rumus regresi mendekati gaya aktual pada mesin, dengan selisih terbesar yaitu 669,83 N.

3.3. Perhitungan Gaya *Drawing* Aktual

Dari analisis gaya pembentukan sebelumnya diketahui bahwa gaya yang tergambar pada grafik merupakan gabungan antara gaya *drawing* dan gaya *blank holder* (sebesar 600N pada penetrasi 12mm), sehingga untuk mengetahui gaya *drawing* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

Persamaan garis untuk penetrasi 0 hingga 8 mm:

$$y = 2126(x) - 1665 - F_{BH}$$

$$= 2126(x) - 1665 - 50(x)$$

$$= 2076(x) - 1665$$

Persamaan garis untuk penetrasi 8 hingga 12 mm:

$$y = -1,58(x) + 14931,41 - F_{BH}$$

$$= -1,58(x) + 14931,41 - 50(x)$$

$$= -51,58(x) + 14931,41$$

4. Kesimpulan

Gaya *drawing* yang dibutuhkan untuk membentuk produk eksperimental berbahan aluminium tebal 1,5 mm dengan kedalaman kontur 12 mm tidak dapat dihitung secara langsung dengan menggunakan 1 rumusan regresi linier. Melainkan terbagi menjadi 2 daerah regresi, yaitu regresi untuk *drawing*

penetrasi 0 hingga 8 mm dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$y = 2076(x) - 1665$$

dimana,

y = Gaya *drawing* (N)

x = Kedalaman penetrasi (mm)

Sementara gaya *drawing* untuk penetrasi 8 hingga 12 mm pada produk ini dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

$$y = -51,58(x) + 14931,41$$

dimana,

y = Gaya *drawing* (N)

x = Kedalaman penetrasi (mm)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lascoe, O. D. (1994). *Handbook of fabrication processes*. United States of America: ASM International.
- [2] Tschaetsch, Heinz. (2006). *Metal forming practise*. Jerman: Springer.
- [3] Ivana, Suchy. (2006). *Handbook of die design*. United states of America: McGraw-Hill.
- [4] Boljanovic, Vukota. (2004). *Sheet metal forming processes and die design*. New York: Industrial Press.
- [5] Lee, Kunwoo. (1999). *Principles of CAD/CAM/CAE system*. United States of America: Addison Wesley Longman, Inc.
- [6] Kalpakjian, Serope dkk. (2004). *Manufacturing engineering and technology*. Singapore: Pearson Education South Asia Ptc Ltd.
- [7] Callister, William D. (2007). *Material science and engineering*. United States of America: John Wiley and Sons, Inc.
- [8] Groover, Mikell. P. (2012). *Introduction to manufacturing processes*. United States: John Wiley and Sons, Inc.
- [9] Wandira, C. Marligan. (2018). *Analisis pengaruh gaya embossing terhadap kedalaman kontur logo medali wisuda POLMAN Bandung bahan kuningan menggunakan software deform 2D3D ver.11* [Tugas Akhir D4]. Politeknik Manufaktur Bandung: Bandung.
- [10] Luchinger, H. R. (1981). *Tool design 2*. Bandung: Politeknik Mekanik Swiss-ITB.