



Analisis produk dan perancangan *combination tool* pada produk jam souvenir Polman Bandung

Product analysis and design of combination tools on souvenir clock products Polman Bandung

H.A. Budiarto^{1*}, S. Permana¹, Y. Y. Erlangga¹, H. A. Prabowo²

¹Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung, Jl. Kanayakan no. 21, Bandung, Jawa Barat, 40135, Indonesia. HP. 082128822077

²Teknologi Rekayasa Manufaktur, Konsetrasi Teknik Rekayasa dan Pengembangan Produk, Politeknik Manufaktur Bandung

*E-mail: hanif@de.polman-bandung.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 14 February 2022

Accepted 07 March 2022

Available online 01 April 2022

Keywords:

Product based education

Autoform

Combination tool

Drawing

Embossing

Formability

Press Tool



Product Based Education is an educational concept that integrate the educational curriculum with the industrial world. This learning help to improve the learning process and student skills by practices under industrial conditions. Moreover, it also improves the quality of teaching and increases the percentage of learning outcomes. Polman Bandung has developed a product called Polman Bandung souvenir clocks made of sheet metal to implement PBE. In this study, a product that has a Polman identity with engineering characteristics was produced and became a practicum media for students majoring in precision tool-making engineering at Polman Bandung. Verein Deutsche Ingenieuer 2222 was used as a guideline so that the research carried out is clear, directed, and systematic. The focus of this research is to develop the product by using Autoform as a simulation software for metal forming. The design of the press tool is made based on the product analysis results. Forming analysis has been done to determine the feasibility, formability, and distribution of body component materials by using Autoform. The results showed that Aluminum 1050 sheet metal with 0.5 mm of thickness is suited for this product. The optimum free blank is $170 \times 170 \times 0.5$ mm and feasible to make. The distribution of Forming Limit Diagram showed that the safe area is 68.5%, the insufficient stretch areas of 1.02%, the wrinkling areas tendency of 19.12%, and wrinkled areas that are still within the tolerance limit of 11.35%.

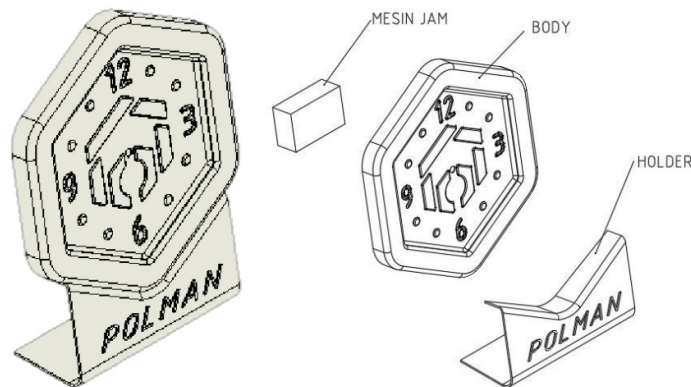
1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2020, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) melalui Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi (Ditjen Diksi) meluncurkan berbagai macam program yang bertujuan untuk menyelaraskan antara dunia pendidikan dan dunia industri sehingga mampu memaksimalkan penyerapan lulusan vokasi di Dunia Usaha Dunia Industri/ DUDI (Kemendikbud, 2020). Selain itu, ketatnya persaingan pasar yang muncul akibat dari revolusi industri 4.0 dan pasar global mendorong dunia industri untuk terus menghasilkan produk-produk inovatif yang memiliki daya saing di pasar. Oleh karenanya, industri membutuhkan tenaga kerja yang memiliki kemampuan untuk berinovasi pada suatu produk (Murmura dkk., 2021).

Penyelarasan kurikulum pendidikan dengan dunia industri telah dilakukan oleh Polman Bandung dengan menerapkan *Product Based Education* (PBE). Konsep ini menjadi paradigma terkemuka dalam pendidikan vokasi. Proses pembelajaran berbasis akademik diintegrasikan dengan kegiatan industri. PBE bertujuan untuk membantu meningkatkan pengalaman teknis pembelajaran di kampus dengan membawa kondisi industri yang sebenarnya. PBE dapat mempermudah dan meningkatkan proses belajar, serta meningkatkan keterampilan siswa. Lebih lanjut, juga meningkatkan kualitas mengajar, serta meningkatkan persentase capaian pembelajaran (Aqlan dan Nwokeji, 2019; Yudiono dkk., 2021).

Adanya penyelarasan ini membuat beberapa mata kuliah di Polman Bandung harus mengalami penyesuaian dengan kondisi industri saat ini. Salah satu mata kuliah yang mengalami penyesuaian adalah *press tool*. *Press tool* merupakan alat bantu produksi yang dirancang untuk memproduksi produk-produk berbahan dasar lembaran pelat (sheet metal) secara massal dengan menjamin keseragaman bentuk dan ukuran produk agar tetap sama dengan waktu pengerjaan yang singkat serta meningkatkan kualitas produk (Annigeri dkk., 2017; Dullah dkk., 2020). Produk *press tool* bervariasi, mulai dari peralatan makan, komponen-komponen kendaraan, hingga peluru.

Selama ini proses pengajaran praktik masih berfokus kepada proses perancangan dan pembuatan *tool*, sementara analisa dan pengembangan produk menggunakan *software* CAE belum dilakukan. Akibatnya pada saat *tool* tersebut dilakukan trial pada mesin, muncul berbagai macam masalah mulai dari cacat produk. Maka dari itu dirancanglah sebuah produk baru, yaitu “Jam Souvenir Polman Bandung” sebagai salah satu implementasi dari PBE tersebut. Produk jam souvenir Polman Bandung dirancang agar mahasiswa mampu mendesain *tool* dengan proses *forming surface* yang relatif rumit (radius *emboss* yang relatif kecil pada bagian angka produk jam dan proses *deep drawing* yang membentuk segi enam bagian luar *body* produk) dengan menggunakan *software* CAE Autoform (Hussein dkk., 2021). Dalam melakukan proses perancangan terdapat beberapa tuntutan produk yang harus terpenuhi yaitu, (1) dimensi produk tidak lebih dari 150 x 150 mm (2) material yang digunakan adalah aluminium yang memiliki karakteristik mampu bentuk serta tahan korosi sehingga menghasilkan kualitas produk yang baik (Jeong dkk., 2019).

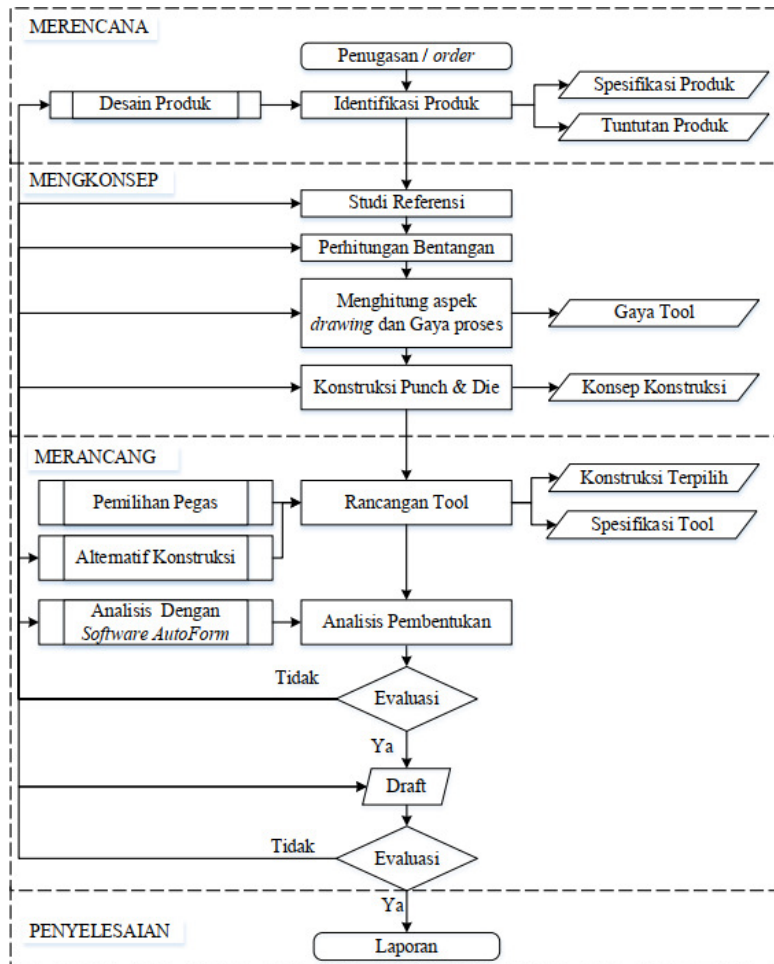


Gambar 1. Produk jam souvenir Polman Bandung

Gambar 1 merupakan produk jam souvenir Polman Bandung yang memiliki 3 komponen, yaitu mesin jam, body, dan holder yang berfungsi sebagaiudukan jam ketika diletakan di meja. Komponen *body* merupakan komponen utama, sedangkan komponen holder adalah komponen tambahan yang berupa usulan untuk melengkapi produk “Jam Souvenir Polman Bandung”. Fokus penelitian ialah mengkaji komponen *body* pada proses *drawing*, *embossing*, *piercing* dan *trimming* dibuat dalam satu stasiun dengan satu kali stroke atau disebut *combination tool* (Adhiharto dkk., 2019; Patriatna dan Budiarto, 2015). Komponen *body* kemudian dianalisis menggunakan *software* AutoForm dengan material aluminium yang memiliki ketebalan 0,5 mm sehingga diperoleh data yang valid dan optimal.

2. METODE PENELITIAN

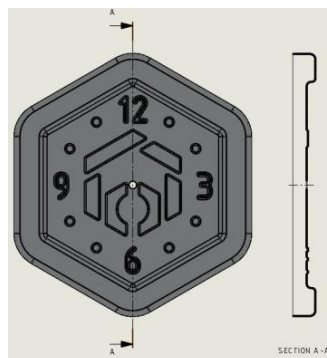
Metode yang digunakan adalah metode perancangan VDI 2222 (*Verien Deutsche Ingenieur*), hal ini dikarenakan metode cocok untuk proses pengembangan produk, (Rahmi, 2021), dan dapat dilihat pada diagram alir seperti pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram alir proses perancangan

2.1 Merencana

Proses merencana berupa identifikasi produk dilakukan sehingga dihasilkan desain produk dengan spesifikasi produk dan daftar tuntutan.



Gambar 3. Komponen body

Komponen *body* (gambar 3) pada produk jam souvenir Polman Bandung adalah produk yang akan dirancang press *tool*-nya. Komponen *body* berbahan aluminium dengan tebal 0,5 mm akan dibentuk menggunakan combination tool yang menggabungkan proses drawing, embossing, piercing, dan trimming.

Material yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah Aluminium 6016-T4 dengan Rm: 240 N/mm² dan Aluminium 1050 dengan Rm: 82 N/mm² yang memiliki tebal 0,5 mm. Komponen *body* memiliki dimensi sebesar 137×124×11 mm.

Tabel 1. Daftar tuntutan produk dan tool yang akan dirancang

	Specification	Units	AA6016-T4	AA1050
Mechanical properties	Density	g/cm ³	2.7	2.69
	Poisson's ratio (at 20 °C)		0.33	0.33
	Elastic modulus (at 0 °C)	GPa	70	70
	Elongation	%	11-27	11-27
	Tensile strength (at 20 °C)	MPa	240	82
	Yield Strength (at 20 °C)	MPa	130-140	20
	Shear strength	MPa	130	52
Thermal properties	Thermal expansion (at 20 °C)	1/K	1.6E-5 - 2.4E-5	2.4E-5
	Thermal conductivity (at 20 °C)	W/(m-K)	170-220	138
Chemical composition	Al		96.4-98.8	99.5-100
	Fe		0.5	
	Si		1-1.5	0.4
	Zn		0.2	0.25
	Mg		0.25-0.6	0.07
	Mn		0.2	0.05
	Cu		0.2	0.05
	Ti		0.15	0.05
	Cr		0.1	-
	Other		0.15	0.03

Untuk menjamin ketercapaian produk dan *tool* yang dirancang bisa menghasilkan komponen sesuai keinginan. Maka harus memiliki acuan atau syarat yang berfungsi sebagai kontrol dan indikator yang berupa daftar tuntutan. Daftar tuntutan produk dan *tool* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar tuntutan produk dan tool yang akan dirancang

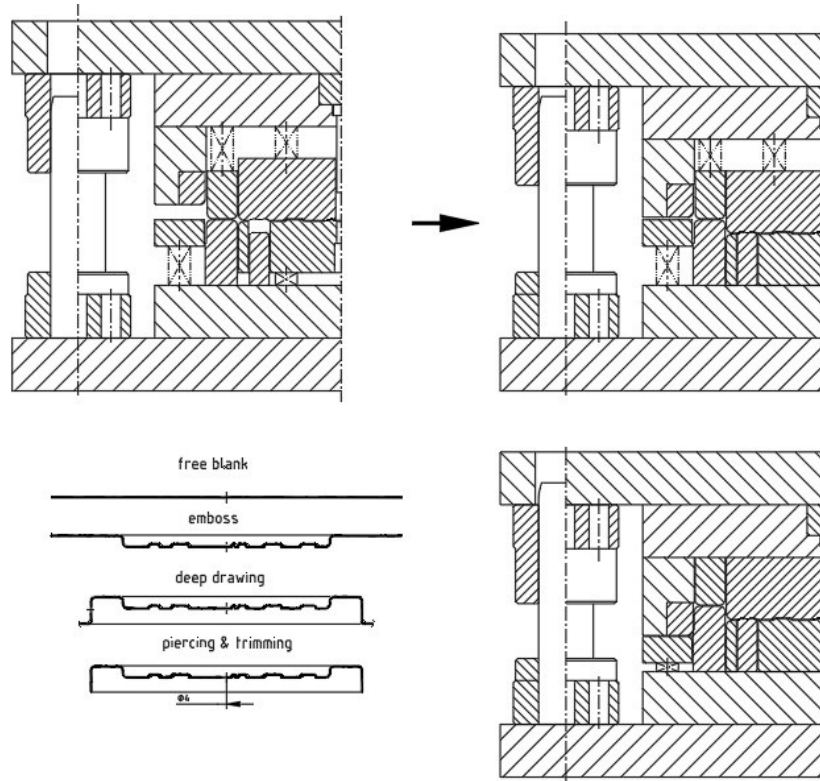
Aspek tuntutan	Daftar Tuntutan	Spesifikasi Tuntutan
Produk	Ukuran	Ketercapaian dimensi produk sesuai gambar kerja produk
	Material	Aluminium
	Penipisan & Kerutan	20% dari ketebalan produk
Rancangan tool	Tebal	0,5 mm
	Jenis	Combination tool
Mesin press	Dimensi punch & dies	<150 mm x 150 mm
		AIDA DSF-C1-1100A

2.2 Mengonsep

Mengonsep dilakukan dengan studi literatur tentang konsep konstruksi, perhitungan bentangan, dan gaya proses.

2.2.1 Studi Literatur

Konstruksi dan besar gaya tool yang mengacu pada SCHULER GmbH, 1998. Kemudian dibuat dalam bentuk sket sistem seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Sket sistem konstruksi tool

2.2.2 Perhitungan bentangan

Perhitungan bentangan produk dilakukan dengan 2 metode, yaitu secara empiris dan simulasi *software* (Ziehwerkzeuge, 1962).

1. Menggunakan rumus empiris

Secara empiris, perhitungan menggunakan rumus, seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1) berikut ini.

$$D_B = \sqrt{d_1 + 2 \cdot (d_1 + d_2)} \cdot \sqrt{h_1 + \frac{d_2 - d_1}{4} + (d_3^2 - d_2^2) + (4 \cdot d_3^2 \cdot h_2)}$$

(1)

Dengan D_B adalah diameter blank (mm), d_1 adalah diameter 1 (mm), d_2 adalah diameter 2 (mm), d_3 adalah diameter 3, h_1 adalah tinggi 1 (mm), h_2 adalah tinggi 2 (mm).

2. Menggunakan simulasi pada software

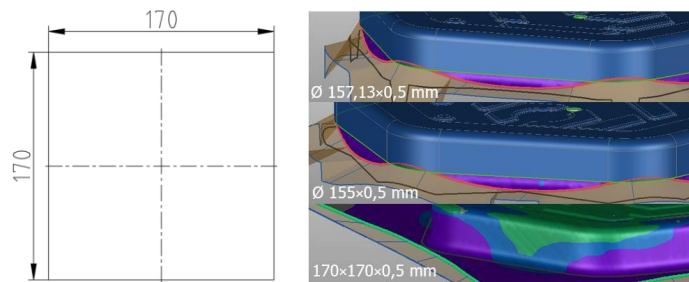
Dalam membuat bentangan dengan *software* AutoForm ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan yaitu, input 3D model produk, mengatur titik koordinat, dan input material. Dari kedua cara tersebut maka dibuat perbandingan seperti pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Perbandingan hasil perhitungan bentangan

Parameter	Unit	Manual	<i>Software</i>
Luas	mm ²	22.698,01	18.771,49
Dimensi	mm	Ø 157.13 × 0,5	Ø 155 × 0,5

Perhitungan manual dan *software* kemudian dibandingkan dan dilakukan optimasi, sehingga diperoleh bentangan untuk dijadikan *free blank* dengan dimensi 170 × 170 × 0,5 mm. Hal ini dilakukan karena, proses *trimming* yang akan mempengaruhi kualitas produk.

<https://doi.org/10.29303/dtm.v12i1.511>



Gambar 5. Bentangan terpilih dan perbandingan kualitas ukuran bentangan

2.2.3 Perhitungan aspek drawing dan gaya-gaya proses

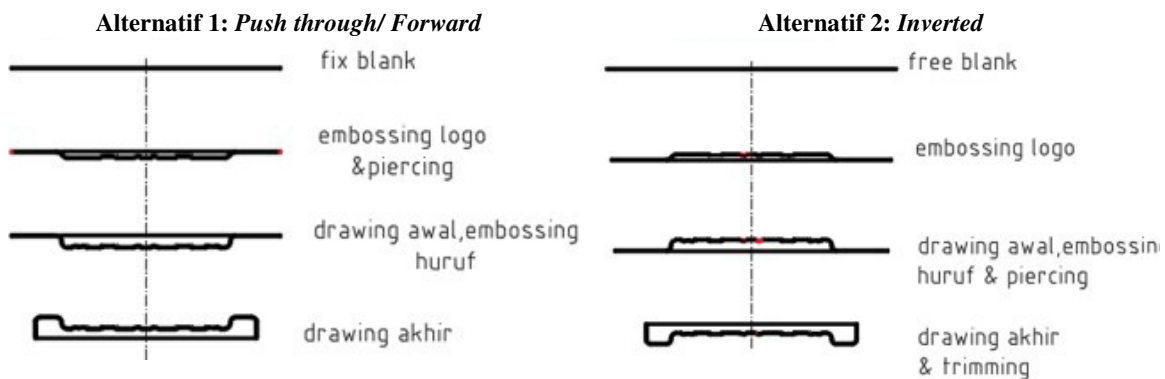
Beberapa aspek yang diperlukan untuk konstruksi tool proses drawing yaitu Jumlah tahapan proses (n)= 1; Die radius (rR)= 3 mm; Punch radius (rP)= 2,5 mm; Clearance drawing (UC)= 0,54 mm; Clearance piercing & trimming (CL)= 0,04 mm (Atul S dan Babu, 2019; Hilbert, 1970; Pranavi dkk., 2016). Adapun gaya-gaya proses (Vedpathak, 2019) terdapat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Gaya-gaya proses

Gaya	Notasi	Satuan	AA 6016-T4	AA 1050
Drawing 1	$Pz1$	kN	19,8	6,77
Blank Holder 1	$Pb1$	kN	15,38	2,32
Drawing 2	$Pz2$	kN	6,79	5,25
Blank Holder 2	$Pb2$	kN	3,94	1,35
Embossing 1	$Fe1$	kN	8,71	8,71
Embossing 2	$Fe2$	kN	16,67	16,67
Embossing 3	$Fe3$	kN	51,39	51,39
Piercing	$1Fs$	kN	1,21	0,41
Trimming	Fst	kN	40	13,67
Pad	$Fpad$	kN	4,67	4,12
Gaya Tool	$Ftool$	kN	168,56	110,66

2.3 Merancang

Tahap ini terdiri dari pemilihan gaya pegas, membuat dan memilih alternatif konsep konstruksi yang mengacu pada daftar tuntutan yang telah dibuat sebelumnya. Konsep konstruksi dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Alternatif konsep konstruksi

Dari kedua alternatif tersebut kemudian dibuat perbandingan antara kelebihan dan kekurangannya seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan kelebihan dan kekurangan konsep rancangan *tool*

	Kelebihan	Kekurangan
Alternarif 1 (<i>Push through/Forward</i>)	Konstruksi <i>tool</i> sederhana	Sulit untuk mengeluarkan produk Memerlukan pegas yang dapat menahan gaya yang besar dengan dimensi terbatas Menggunakan <i>fix blank</i> sehingga sulit menetapkan geometri blank yang sesuai
Alternarif 2 (<i>Inverted</i>)	Menggunakan <i>free blank</i> sehingga lebih mudah dalam penentuan geometri blank lebih mudah dalam proses pengeluaran produk	Konstruksi <i>tool</i> sedikit rumit

Penilaian alternatif konsep konstruksi mengacu pada VDI 2225 (Schlattmann dan Seibel, 2021). Penilaian pada perancangan ini berdasarkan aspek teknis untuk menentukan konsep yang optimal dari alternatif konstruksi yang telah dijelaskan sebelumnya. Pemberian nilai pada aspek penilaian ini dinotasikan dengan angka 0 - 4, sementara perbandingan alternatif konsep konstruksi dapat dilihat pada tabel 6.

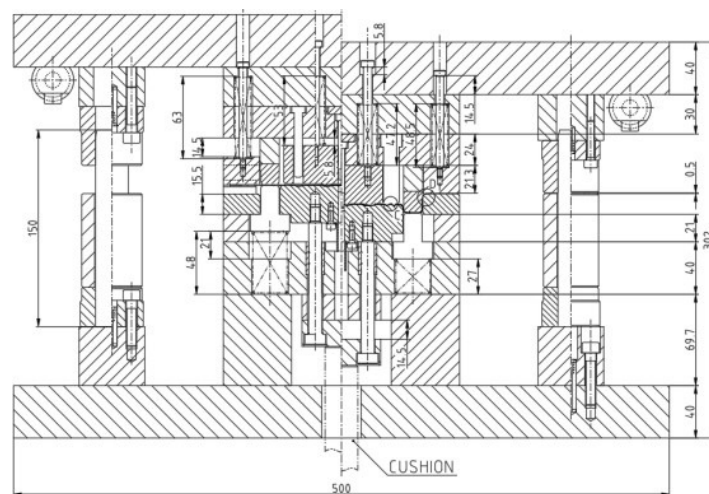
Tabel 6. Perbandingan alternatif konsep konstruksi

No.	Kriteria	Bobot kriteria	Nilai ideal	Alt. 1	Alt. 2
1	Konstruksi	25	4	100	75
2	<i>Loading/unloading</i> produk	25	4	100	100
3	Pencapaian dimensi produk	20	4	80	80
4	Efisiensi material	15	4	60	45
5	Sistem kerja tool	15	4	60	45
Total bobot kriteria			20	400	345
Total persentase			100	75	86,25

Keterangan:

Parameter Penilaian	Skor
Sangat Baik (Ideal)	4
Baik	3
Cukup	2
Kurang	1
Tidak Memuaskan	0

Dari hasil di atas, maka alternatif 2 merupakan alternatif konsep konstruksi yang paling ideal. Kemudian konsep konstruksi terpilih tersebut diolah menjadi konstruksi *combination tool* seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Konstruksi *combination tool*

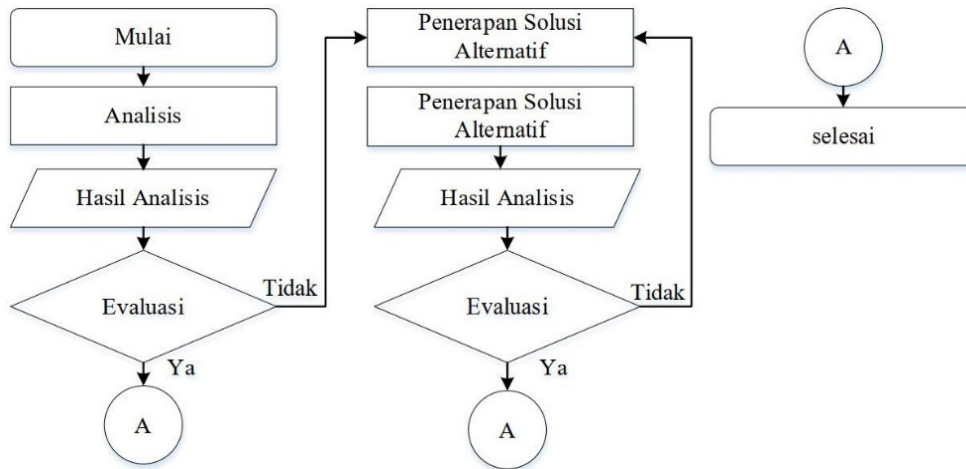
Tahap selanjutnya adalah menentukan jenis mesin yang akan digunakan. Berikut data spesifikasi combination tool komponen *body*.

Tabel 7. Spesifikasi *tool* dan mesin

Parameter	AIDA DSF-C1 1100A	Parameter	Combination Tool
<i>Die height max.</i>	350 mm	<i>Die Height</i>	302 mm
<i>Die height min.</i>	260 mm		
Dimensi <i>ram (slider)</i>	630×520 mm	Dimensi pelat atas	500×300 mm
Dimensi <i>bolster</i>	940×680 mm	Dimensi pelat bawah	500×300 mm
Dimensi <i>cushion</i>	Ø 25 mm	<i>Gaya tool</i>	11,06 tson
<i>Stroke cushion</i>	80 mm	<i>Berat tool</i>	249,18 kg
<i>Capacity cushion</i>	80 kN	Fasilitas	<i>cushion</i>

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi proses forming dengan menggunakan *software* mempermudah proses analisis dan mempercepat proses produksi karena proses trial error dapat dikurangi. *Software* Autoform menampilkan simulasi produk saat produk terbentuk, kemudian memprediksi tingkat kelayakan dan keberhasilan dari proses pembentukan produk tersebut. Untuk mendapatkan hasil simulasi yang optimal diperlukan beberapa percobaan. Sehingga untuk mempermudah proses analisis, dibuatlah diagram alir proses analisis agar lebih jelas, terarah, dan sistematis (Taware dan Rajmane, 2021).

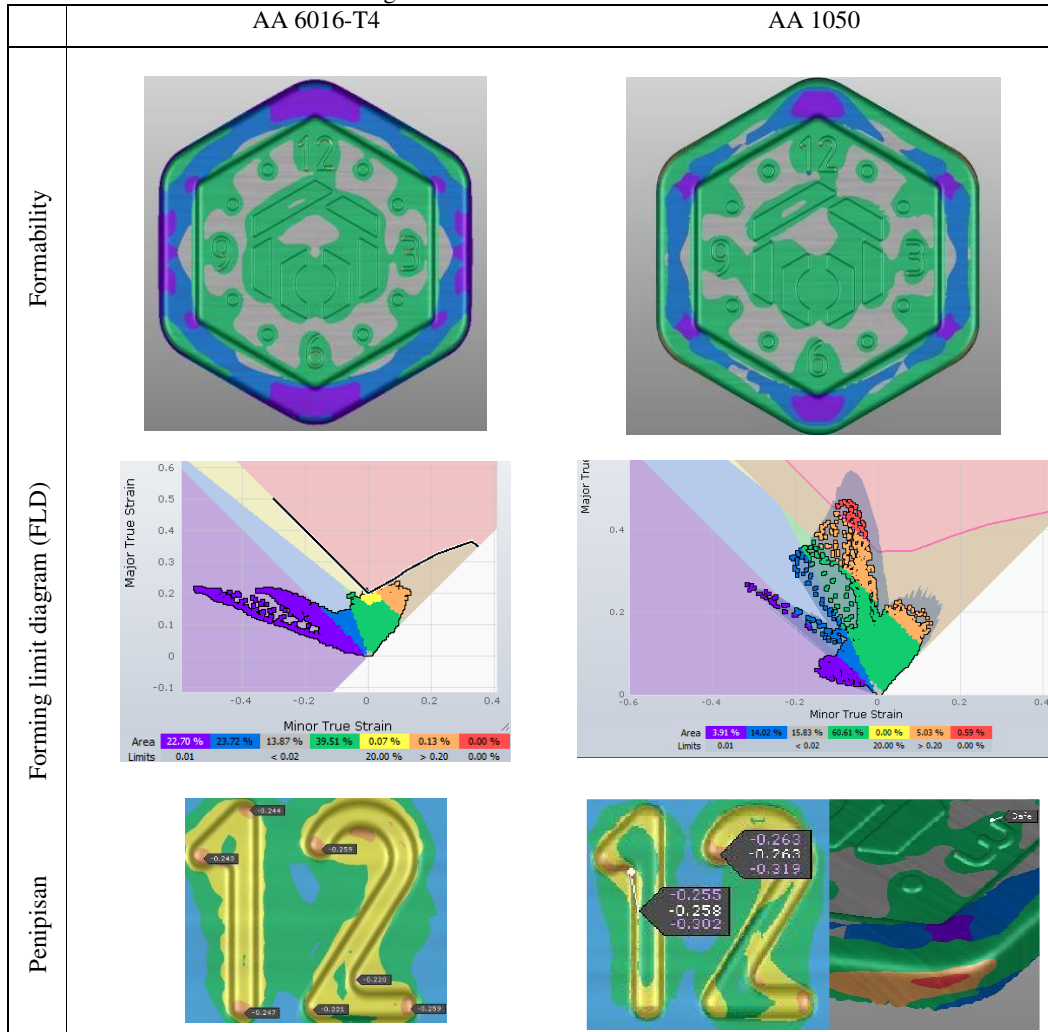


Gambar 8. Diagram alir proses analisis

3.1 Analisis pembentukan awal produk

Tabel 8 menunjukkan perbandingan *formability*, *Forming Limit Diagram (FLD)*, dan penipisan yang terjadi antara material AA 6016-T4 dan AA 1050. Terlihat bahwa material AA 1050 memiliki *formability* yang lebih baik bila dibandingkan dengan 6016-T4. Persentase area aman (daerah berwarna hijau) AA 1050 sebesar 60,41%, sementara AA 6016-T4 sebesar 39,51%. Akan tetapi, meskipun nilai *formability*-nya lebih tinggi, material AA 1050 mengalami penipisan yang berpotensi *failure* (retak/sobek) pada beberapa bagiannya, sehingga perlu dilakukan optimasi terhadap produk untuk menghilangkan potensi kegagalan tersebut.

Tabel 8. Perbandingan FLD AA 6016-T4 & AA 1050 simulasi awal
AA 6016-T4 AA 1050

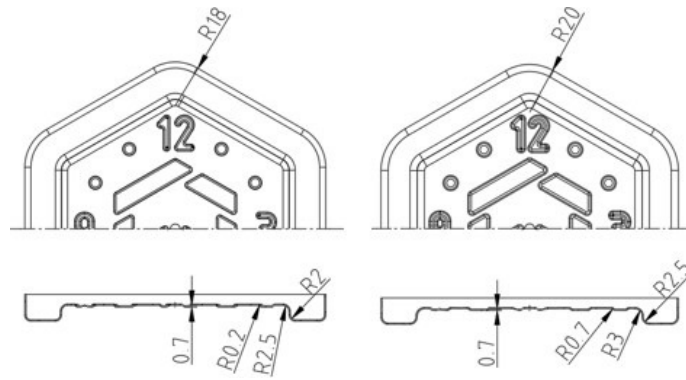


FLD (%)	22,70	23,72	13,87	39,51	0,07	0,13	0,00
AA 6016-T4	22,70	23,72	13,87	39,51	0,07	0,13	0,00
AA 1050	3,91	14,02	15,83	60,61	0,00	5,03	0,59

■	Sobek/Retak	■	Tidak berpotensi Regangan
■	Berpotensi Sobek/ Retak	■	Berpotensi Kerut
■	Zona Margin (20%)	■	Kerut
■	Aman		

3.2 Alternatif Solusi

Hasil dari simulasi awal produk menunjukkan bahwa terdapat potensi kerutan dan sobek pada produk maka diperlukan penerapan alternatif solusi. Untuk mengatasi kegagalan pada proses pembentukan tersebut ada beberapa alternatif yang dapat dilakukan yaitu, mengubah ketebalan produk, mengubah material produk, dan mengubah geometri produk. Namun karena ketebalan dan material sudah ditentukan dalam spesifikasi dan daftar tuntutan, maka hal yang dilakukan adalah mengubah geometri produk sehingga diperoleh hasil yang optimal.



Gambar 9. Geometri awal produk (kiri) dan Geometri alternatif produk (kanan)

3.3 Hasil Analisis Pembentukan

Setelah proses analisis pembentukan dengan penerapan alternatif solusi diperoleh hasil seperti pada tabel 9 berikut ini.

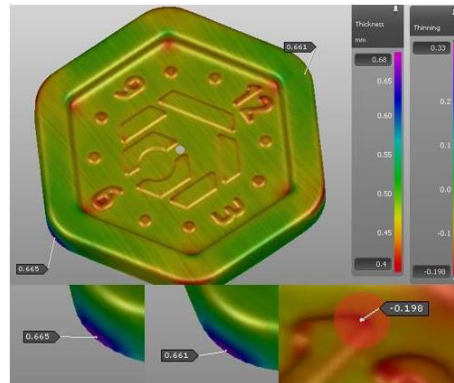
Tabel 9. Perbandingan FLD AA 6016-T4 & AA 1050 alternatif solusi

	AA 6016-T4	AA 1050																																
Formability																																		
Forming limit diagram (FLD)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Area</th> <th>26.15 %</th> <th>25.59 %</th> <th>9.62 %</th> <th>38.63 %</th> <th>0.00 %</th> <th><0.01%</th> <th>0.00 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Limits</td> <td>0.01</td> <td>< 0.02</td> <td>20.00 %</td> <td>> 0.20</td> <td>0.00 %</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Area	26.15 %	25.59 %	9.62 %	38.63 %	0.00 %	<0.01%	0.00 %	Limits	0.01	< 0.02	20.00 %	> 0.20	0.00 %			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Area</th> <th>11.35 %</th> <th>19.42 %</th> <th>1.02 %</th> <th>66.50 %</th> <th>0.00 %</th> <th>0.00 %</th> <th>0.00 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Limits</td> <td>0.01</td> <td>< 0.02</td> <td>20.00 %</td> <td>> 0.20</td> <td>0.00 %</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Area	11.35 %	19.42 %	1.02 %	66.50 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	Limits	0.01	< 0.02	20.00 %	> 0.20	0.00 %		
Area	26.15 %	25.59 %	9.62 %	38.63 %	0.00 %	<0.01%	0.00 %																											
Limits	0.01	< 0.02	20.00 %	> 0.20	0.00 %																													
Area	11.35 %	19.42 %	1.02 %	66.50 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %																											
Limits	0.01	< 0.02	20.00 %	> 0.20	0.00 %																													
Penipisan																																		

FLD (%)							
AA 6016-T4	26,15	25,59	9,12	38,63	0,00	0,10	0,00
AA 1050	11,35	19,12	1,02	68,50	0,00	0,00	0,00

	Sobek/Retak		Tidak berpotensi Regangan
	Berpotensi Sobek/ Retak		Berpotensi Kerut
	Zona Margin (20%)		Kerut
	Aman		

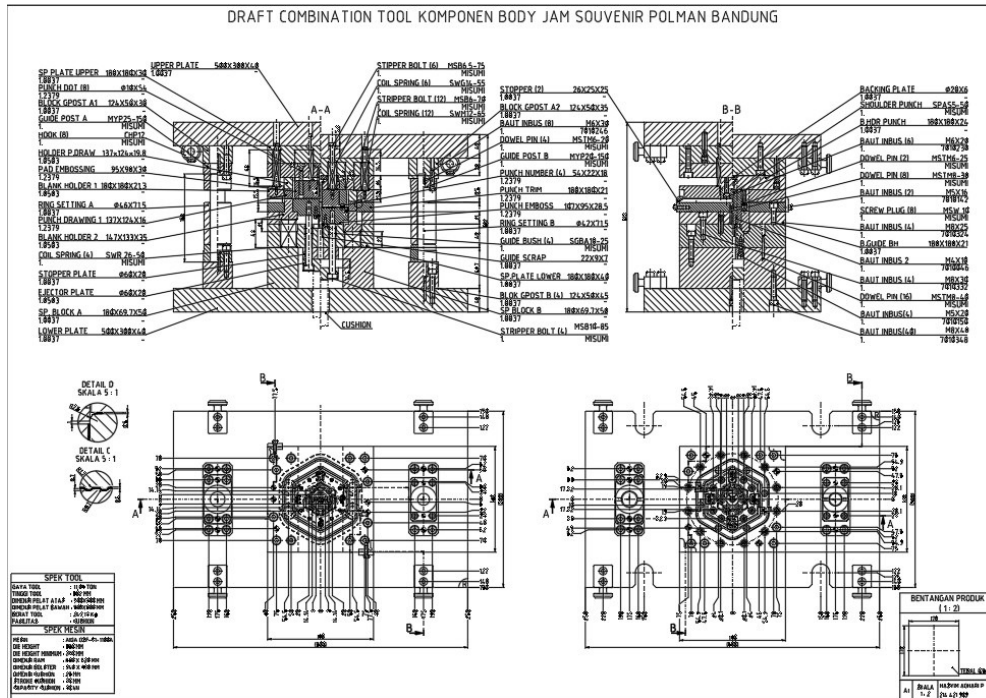
Terlihat dari tabel 9 bahwa geometri alternatif material AA 6016-T4 masih mengalami penipisan yang melebihi dari batas yang diizinkan. Selain itu, area yang terjadi kerutan juga lebih besar dari analisis awal. Sedangkan pada material AA 1050, penipisan yang berpotensi terjadinya crack dan kerutan masih berada di bawah batas toleransi yang diizinkan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil analisis pembentukan (kerutan dan penipisan)

3.4 Penyelesaian

Berikut dokumen hasil rancangan *combination tool* komponen body produk jam souvenir Polman Bandung yang telah dirancang.



Gambar 11. Draft rancangan *combination tool*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi menggunakan *software* AutoForm, maka produk jam suvenir Polman Bandung dapat dibuat dan digunakan sebagai produk pembelajaran praktik. Aliran material pada proses *drawing* dan *embossing* menunjukkan terjadi perubahan ketebalan produk yaitu penipisan maksimum sebesar $-0,198 \text{ mm}$ ($\leq 20\%$) pada daerah bagian radius embossing angka 1. Hasil kualitas produk yang ditinjau grafik FLD, tidak ada potensi retak/ sobek (*crack/split*) dengan detail area aman (*safe zone*) 68,50%; area yang tidak terjadi regangan 1,02%; area berpotensi kerut 19,12%; dan area kerut 11,35%. Namun terdapat kerutan maksimum sebesar $\pm 0,68 \text{ mm}$ pada bagian ujung produk setelah proses trimming, tetapi produk akan diproses lanjut menggunakan gerinda untuk memperhalus permukaan sehingga tidak akan terdapat kerut pada bagian ujung produk tersebut.

Ukuran *free blank* optimal yang dihasilkan sebelum trimming adalah $170 \times 170 \times 0,5 \text{ mm}$ yang diperoleh dari hasil analisis. Terakhir, maka dihasilkan rancangan *combination tool* yang mempertimbangkan aspek tuntutan dan hasil analisis dengan ukuran terluar *tool* sebesar $500 \times 300 \text{ mm}$ dan *die height* 302 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiharto, R., Fauzan, M.I., Patriatna, E., Studi Perancangan Mesin Press Hidrolik 50 ton dengan Metode VDI 2222, Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2018, AI 6111, 1–12, 2019.
- Annigeri, U.K., R.R. Kiran, K., Deepthi, Y.P., Design and development of progressive tool for manufacturing washer, AIP Conference Proceedings, 1859, 2017.
- Aqlan, F., Nwokeji, J.C., Applying product manufacturing techniques to teach data analytics in industrial engineering: A project based learning experience. Proceedings - Frontiers in Education Conference FIE, 1–7, 2019.
- Atul S.T., Babu, M.C.L., A review on effect of thinning, wrinkling and spring-back on deep drawing process. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 233(4), 1011–1036, 2019.
- Dullah, M.J., Suyuti, M.A., Sudarman, S., Mariam, M., Arham, M.A., Desain dan analisis alat bending v sistem hidro pneumatik, Jurnal Teknik Mesin Sinergi, 17(2), 168, 2020.
- Hilbert, H.L., Stanzereitechnik Band II Umformende Werkzeuge, Carl Hanser Verlag, 1970.
- Hussein, H.M.A., Salem, H., Abdelzaher, W., Naranje, V., Ghobrial, M.I., Barakat, A., Automation of sheet metal combination die design process, International Journal of Modern Manufacturing Technologies, 13(2), 39–44, 2021.
- Jeong, H.S., Park, S.H., Cho, W.S., Influence of Process Variables on the Stamping Formability of Aluminum Wing Nose Rib, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 20(4), 497–510, 2019.
- Kemndikbud, Kemendikbud luncurkan dua program baru, perbesar lulusan vokasi terserap dunia usaha dan industri, <https://p4tkbmti.kemdikbud.go.id/main/2020/12/17/kemendikbud-luncurkan-dua-program-baru-perbesar-lulusan-vokasi-terserap-dunia-usaha-dan-industri/>, 2020.
- Murmura, F., Bravi, L., Santos, G., Sustainable process and product innovation in the eyewear sector: The role of industry 4.0 enabling technologies, Sustainability (Switzerland), 13(1), 1–17, 2021.
- Patriatna, E., Budiarto, H.A., Perancangan combination tool proses cutting dan forming pada pembuatan aluminium cup, Jurnal Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, 2(1), 2015.
- Pranavi, U., Ramulu, P.J., Chandramouli, C., Govardhan, D., Prasad, P.V.S.R., Formability analysis of aluminum alloys through deep drawing process, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 149(1), 2016.
- Rahmi, M., Comparative analysis of press tool design for seat lock patch of mobilio car with autoform technology, Icist 2020, 208, 316–320, 2021.
- Schlattmann, J., Seibel, A., Structure and organization of product development projects. in structure and organization of product development projects, 2021.
- SCHULER GmbH., Metal Forming Handbook, In Springer (Ed.), Metal Forming Handbook (Issue c), 1998.
- Suyuti, M.A., Rancang bangun simpel press tool untuk bending v bottoming, Jurnal Teknik Mesin Sinergi, 159–173, 2015.
- Taware, R., Rajmane, V., Design and forming analysis of biw sheet metal component using autoform simulation software. 2(4), 194–201, 2021.
- Vedpathak, V.S., Evaluation of Deep Drawing Force in Sheet Metal Forming, 8(07), 854–859, 2019.
- Yudiono, H., Maulana, S., Wijaya, M.B.R., Aprianto, R., Product-based learning model through the alignment of mechanical engineering competencies with industry, Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan, 27(1), 74–80, 2021.
- Ziehwerkzeuge, S. Schnitt-, Stanz- und Ziehwerkzeuge. In Schnitt-, Stanz- und Ziehwerkzeuge, 1962.