

PERANCANGAN CETAKAN SAUCE CUP UNTUK PROSES SYSTEM MICRO INJECTION MOLDING DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL ALUMINIUM ALLOY 6061

M.D.Haq, S.Supriyadi, A.Burhanudin

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika UPGRIS Gedung Pusat Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail: haqdiyaul0@gmail.com¹, slametsupriyadi@upgris.ac.id², aan.burhanuddin@gmail.com³

Abstrak

Injection molding yaitu pembentukan material termoplastik dengan cara melelehkan plastik ke dalam cetakan, cetakan merupakan komponen utama dari injection molding untuk pembuatan mold yang baik, banyak faktor yang harus dipertimbangkan, sehingga produk yang dihasilkan kualitasnya baik. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dimensi suatu produk yaitu suhu temperature, dan perlakuan cetakan dengan media pendingin cooling tower atau tanpa pendinginan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pembuatan mold yang meliputi pemilihan bahan, dan manufakturnya. Metode yang digunakan yaitu menganalisis dimensi produk dengan media pendingin cooling tower atau tanpa pendinginan. Dari hasil perhitungan bagian utama cetakan maka volume produk adalah 10,6 cm³, luas produk 19,46 cm³. Produk Sauce Cup yang diinjeksi pada suhu 195°C-215°C, pada pengujian cetakan dengan media pendingin cooling tower dimensi produk yang dihasilkan yaitu 10,7 cm³ pada suhu 205°C. sedangkan tanpa pendinginan kapasitas dimensi produk yang dihasilkan yaitu 10,2 cm³ pada suhu 205 °C.

Kata kunci: Mold/Cetakan, Cooling Tower, Tanpa Pendinginan, Variasi Suhu.

I. PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan bahan plastik ini mengakibatkan peningkatan produksi sampah plastik dari tahun ke tahun, seperti telah kita ketahui bersama bahwa plastik sangat sulit terurai dalam tanah, membutuhkan waktu bertahun-tahun dan ini akan menimbulkan permasalahan tersendiri dalam penanganannya. Cara mengatasi permasalahan tersebut dengan membuat mesin atau alat pembentukan plastik, ada banyak metode yang dapat digunakan untuk membentuk plastik, yaitu cetakan tiup (*blow molding*), cetakan alir (*extrusion molding*), cetakan tekan (*compression molding*), dan cetakan injeksi (*injection molding*) (Saifuddin, 2018). Proses pembentukan plastik dengan cara *injection molding* yaitu hanya dengan cara melelehkan material plastik kemudian diinjeksikan ke dalam sebuah cetakan, dalam pembuatan desain cetakan banyak sekali *software-software* yang mempermudah dalam merancang atau mendesain suatu produk mulai dari perencanaan sampai dengan proses produksi, salah satunya *software CAD/CAM*.

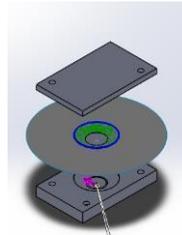
Tujuan Penelitian ini adalah Untuk membuat cetakan *injection molding* dengan menggunakan material aluminium *alloy 6061*. Untuk membuat desain cetakan *sauce cup* dengan *software Solidworks*. Menganalisis dimensi cetakan dengan media pendingin air dan udara pada suhu tertentu terhadap kualitas produk *sauce cup*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

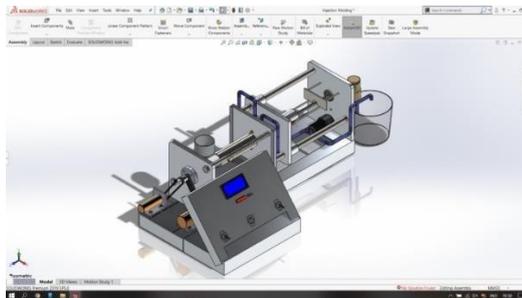
1. Pelaksanaan Eksperimen

- a. Mendesain cetakan *injection molding* dengan *solidworks*.

Pembuatan desain cetakan *sauce cup* menggunakan *software* SolidWork 2016 dengan bentuk produk *sauce cup*, dengan dimensi produk diameter atas 50 mm, diameter bawah 21,93, dan tinggi 10 mm.



Gambar 1. Cetakan *injection molding*



Gambar 2. Mesin *injection molding*

- b. Proses permesinan cetakan pada CNC milling.

Cetakan pada *injection molding* terdiri dari 2 bagian, yaitu *cavity* dan *core*. Proses permesinan pada *part* cetakan *sauce cup* dengan menggunakan mesin *CNC milling*. Simulasi permesinan menggunakan *CAMWorks*. Dalam proses permesinan hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan parameter permesinan, setelah parameter permesinan ditentukan, kemudian desain *mold* di simulasi dengan menggunakan *CAMWorks* dengan menghasilkan *NC code* atau *G code* yang kemudian *NC code* tersebut diunggah ke mesin *CNC* dengan *Mach3*. Pada proses permesinan *CNC milling* menggunakan dua proses yaitu *roughing* dan *finishing*.

- c. Eksperimen proses injeksi.

Eksperimen proses injeksi ini dilakukan untuk memperoleh data-data dimensi produk/kapasitas yang dihasilkan dengan cetakan pendinginan air atau pendinginan udara.

- 1) Proses *injection molding* dengan media pendingin air.

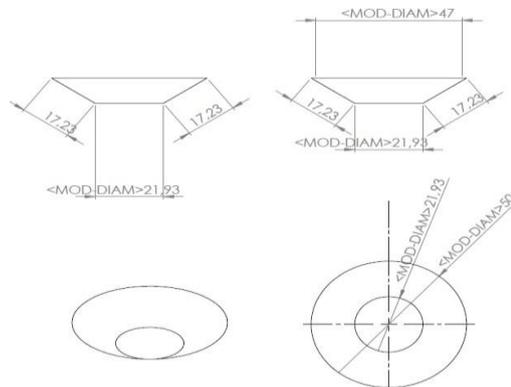
Proses *injection molding* dengan media pendingin air dilakukan dengan cara melakukan pendinginan dengan air yang dialirkan ke dalam cetakan melalui lubang/selang air (Anwar, 2017).

- 2) Proses *injection molding* tanpa pendinginan.

Proses *injection molding* tanpa pendingin dimana saat proses produksi/plastik yang dilelehkan dengan suhu tertentu tanpa dilakukan pendinginan secara paksa dengan air.

III. Hasil dan Pembahasan

1. Perhitungan Perancangan Cetakan



Gambar 3. Dimensi produk

a. Volume produk dan Luas Produk

Dalam perhitungan volume produk dan luas produk dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_p = \frac{1}{3} \pi t (R^2 + Rr + r^2) \dots \dots \dots (1)$$

$$L_p = \pi (R + r) \sqrt{(R - r)^2 + h^2} \dots \dots \dots (2) \text{ https://www.analyzemath.com}$$

- Dimana :
- V_p = Volume produk (mm³)
 - L_p = Luas produk (mm²)
 - R = Jari-jari besar (mm)
 - r = Jari-jari kecil (mm)
 - t = Tinggi (mm)

$$\begin{aligned} \text{maka, } L_p &= \pi (R + r) \sqrt{(R - r)^2 + h^2} \\ &= 3.14 (25 + 10,96) \sqrt{(25 - 10,96)^2 + 10^2} \\ &= 1946,32 \text{ mm}^2 = 19,46 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_p &= \frac{1}{3} \pi t (R^2 + Rr + r^2) \\ &= \frac{1}{3} 3,14 10 \text{mm} (25^2 + 25 \cdot 10,96 + 10,96^2) \\ &= 10637,37 \text{ mm}^3 = 10,63 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

2. Hasil permesinan cetakan injection molding
 - a. Permesinan CNC pada cavity cetakan

Tabel 1. Parameter permesinan cavity dengan alumunium 6061

Parameter	Permesinan cavity	
	Roughing	Finishing
Pahat	Endmill 4 mm	Ballnose 4 mm
<i>Area to Machine</i>	Inside vector	
<i>Strategy</i>	Offset (Outside)	Offset (Inside)
<i>Cut amount</i>	0,5 mm	-
<i>Feed rate</i>	166,03 mm/menit	13,68 mm/menit
<i>Spindle</i>	1960 rpm	1980 rpm
<i>Time</i>	01:14:11	03:20:28
<i>Material thickness</i>	20 mm	20 mm

Pada proses permesinan cavity alumunium 6061 dilakukan secara menyeluruh dengan dua proses, yaitu *roughing* dan *finishing*. Pada proses *roughing* permasalahan yang terjadi yaitu benda kerja yang sudut kemiringannya lebih dari 90° hasilnya menjadi kasar karena proses cnc nya dengan pahat endmill. Sehingga perlu adanya proses *finishing* dengan area pemakanan pada benda kerja yang miring dengan menggunakan pahat ballnose.



Gambar 4. Hasil proses CNC *roughing* cavity pada alumunium 6061



Gambar 5. Hasil proses *finishing* ballnose

b. Permesinan CNC pada core cetakan

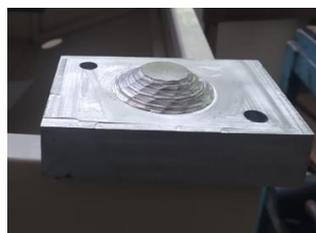
Tabel 2. Parameter permesinan core dengan alumunium 6061

Parameter	Permesinan core	
	Roughing	Finishing
Pahat	Endmill 4 mm	Ballnose 4 mm
<i>Area to Machine</i>	Inside vector	
<i>Strategy</i>	Offside (Outside)	Offside (Inside)
<i>Cut amount</i>	0,5 mm	-
<i>Feed rate</i>	145,20 mm/menit	19,53 mm/menit
<i>Spindle</i>	1920 rpm	1980 rpm
<i>Time</i>	04:33:54	02:30:40
<i>Material thickness</i>	30 mm	30 mm

Pada proses ini dilakukan secara keseluruhan yaitu sisi bagian atas dengan menggunakan dua proses kerja yaitu *roughing* dan proses *finishing*. Dari hasil proses permesinan pada *core* alumunium 6061 benda kerja sangat kasar pada permukaan yang miring plat yang lebih tebal dari pada desain mengakibatkan perataan sisi-sisi pinggir pada benda kerja, sehingga perlu dilakukan proses *finishing* dengan pahat ballnose untuk menghaluskan permukaan yang kasar.



Gambar 6. Hasil proses CNC core dengan alumunium 6061



Gambar 7. Hasil proses finishing ballnose

3. Hasil perakitan cetakan pada mesin injection molding.

Pada perakitan pada cetakan ini merupakan hasil dari *part-part* yang telah selesai pada proses permesinan, proses pengeboran yang kemudian dipasang menjadi satu pada mesin *injection molding*. Hasil dari proses perakitan cetakan pada mesin *injection molding* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Mesin *Injection Molding*

4. Proses kerja alat

- a) Memasukkan biji plastik *polypropylene* ke *hopper*.
- b) Nyalakan tombol power pada panel kontroller.
- c) Tunggu sampai mencapai target dengan suhu 195°.
- d) Setelah suhu mencapai 195°, mesin *injection molding* akan berjalan.
- e) Memasang cetakan pada *injection molding*.
- f) Proses *injection molding* membutuhkan waktu 85 detik pada proses produksi.

5. Data hasil pengujian

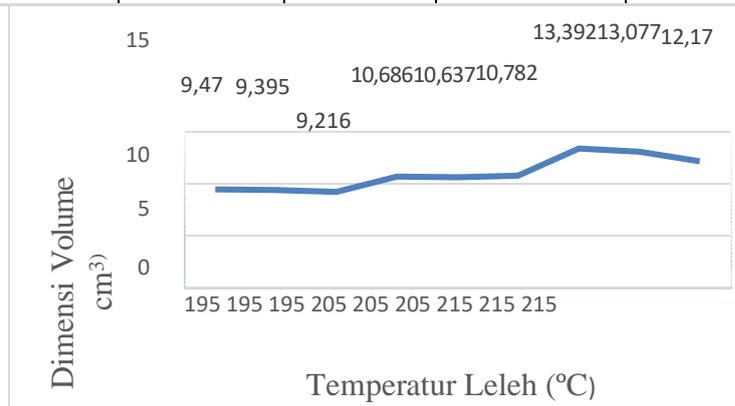
- a. Data pengujian cetakan dengan media pendingin air.

Tabel 3. pengujian cetakan *injection molding* dengan pendinginan air.

No	Suhu (°C)	Sampel	Dimensi produk	Volume produk	Cacat	Hasil
		I	D: 48 mm d: 19 mm T: 9,6 mm	9,497 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Short shot • Shrinkage 	

1	195°	II	D: 48 mm d: 20 mm T: 9,8 mm	9,395 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Short shot • Shrinkage 	
		III	D: 48 mm d: 19,2 mm T: 9,8 mm	9,216 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Short Shot • Shrinkage 	
2	205°	I	D: 50,1 mm d: 22 mm T: 10 mm	10,686 cm ³	Shrinkage	
		II	D: 50 mm d: 21,9 mm T: 10 mm	10,637 cm ³	shrinkage	
		III	D: 50,3 mm d: 22 mm T: 10 mm	10,782 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Flashing • Crack 	
		I	D: 55,7 mm d: 23 mm T: 10,9 mm	13,392 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Flashing • Shrinkage 	

3	215 °	II	D: 53,,6 mm d: 22,5 mm T: 10 mm	13,077 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Flashing • Shrinkage 	
		III	D: 53,6 mm d: 21,3 mm T: 10 mm	12,17 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Flashing • shrinkage 	



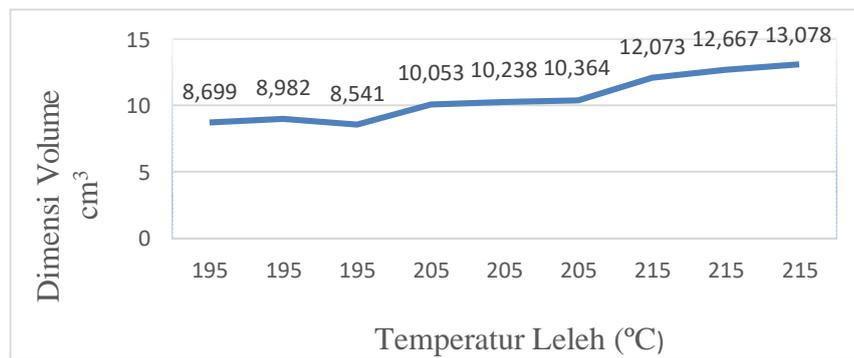
Gambar 9. Grafik hubungan antara Temperatur Leleh dengan Volume dimensi produk

b. Data pengujian cetakan dengan media pendingin udara.

Tabel 4. pengujian cetakan *injection molding* dengan pendinginan udara.

No	Suhu (°C)	Sampel	Dimensi produk	Volume produk	Cacat	Hasil
1	195°	I	D: 46,6 mm d: 20 mm T: 9,5 mm	8,699 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Short shot • Shrinkage • Crack 	
		II	D: 46,8 mm d: 21 mm T: 9,5 mm	8,982 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Short shot • Shrinkage 	

		III	D: 46 mm d: 20 mm	8,541 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Short shot • Jetting 	
			T: 10 mm			
2	205°	I	D: 48 mm d: 21,98 mm T: 10 mm	10,053 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Crack 	
		II	D: 49 mm d: 21,5 mm T: 10 mm	10,238 cm ³	Shrinkage	
		III	D: 49 mm d: 21,98 mm T: 10 mm	10,364 cm ³	Shrinkage	
3	215°	I	D: 54,2 mm d: 22 mm T: 10 mm	12,073 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Flashing • Shrinkage 	
		II	D: 53,5 mm d: 22 mm T: 10 mm	12,667 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Flashing • Shrinkage 	
		III	D: 54,8 mm d: 23 mm T: 10 mm	13,078 cm ³	<ul style="list-style-type: none"> • Crack • Flashing 	



Gambar 10. Grafik hubungan antara Temperatur Leleh dengan Volume dimensi produk

6. Pembahasan

Pada pengujian variasi pendinginan cetakan dengan *cooling tower*, dengan temperature suhu 195-215°C, dapat dilihat pada gambar 9. tentang grafik hubungan antara temperature leleh dengan dimensi volume produk yang dihasilkan. Dengan temperatur yang berbeda suhu pada cetakan juga berbeda yaitu 40-50 °C, hasil pengujian diatas nilai dimensi produk yang optimal dengan dimensi cetakan di suhu 205°C dengan nilai rata-rata 10,7 cm³. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin naik dimensi produk yang dihasilkan, pada penggunaan media air nilai penyusutan atau dimensi produk yang dihasilkan lebih optimal karena didalam cetakan di aliri air sehingga panas yang dapat dipindahkan nilainya sangat besar.

Pada pengujian cetakan tanpa pendinginan dapat dilihat pada gambar 4.9 tentang hubungan temperature leleh dengan dimensi produk. Dengan temperatur yang berbeda suhu pada cetakan juga berbeda yaitu 45-55°C, dimensi produk yang lebih optimal dengan cetakan di suhu 205°C dengan nilai rata-rata 10,24 cm³ lebih maksimal atau mendekati nilai terhadap dimensi cetakan yang dibuat. Dimensi yang dihasilkan lebih mengecil atau nilai penyusutan lebih besar, sebab pada cetakan tanpa pendingin semakin tinggi suhu yang digunakan panas yang dipindahkan di cetakan nilainya sangat kecil, sehingga berdampak pada temeperatur cetakan. Hal ini sama seperti pengujian yang dilakukan oleh Ramadhan (2017) penggunaan media pendinginan pada cetakan dengan air dan udara akan berpengaruh pada temperature cetakan dan produk yang dihasilkan. Dalam pengujian yang dilakukan diatas pendinginan yang baik antara media pendingin air dan udara yaitu dengan pendinginan air. Penggunaan cetakan tanpa pendingin mengakibatkan temperature pada cetakan tidak konstan sehingga pemerataan panas tidak merata mengakibatkan produk yang dihasilkan

Produk yang dihasilkan diatas terdapat beberapa cacat yaitu cacat *short shot*, *shrinkage*, *flashing*, dan *crack*. Terdapat cacat *short shot* karena kondisi plastik yang akan diinjeksikan kedalam cetakan tidak mencapai kapasitas yang maksimal atau belum meleleh. *Shrinkage* yaitu tekanan pada cetakan kurang, pendinginan yang kurang maksimal, lubang pada *nozzle* yang besar. Cacat *flashing* karena *pressure clamping* pada cetakan kurang, kurangnya kerapatan pada cetakan. Dan penyebab cacat *crack* yaitu, tebal dimensi itu sendiri yang terlalu tipis, delay pada produksi yang terlalu lama. Pada penelitian yang dilakukan oleh Holiyan (2018) bahwa suhu yang semakin tinggi akan menghasilkan produk dengan potensi terjadinya cacat *short shot* semakin rendah. Tetapi parameter suhu juga tidak boleh terlalu tinggi karena akan membebani

IV. KESIMPULAN

1. Proses pembuatan cetakan *sauce cup* melalui proses desain dengan menggunakan *software* Solidworks 2016.
2. Pada pembuatan cetakan dengan *CNC milling* terdapat proses *roughing* dan *finishing*.
3. Cetakan menggunakan aluminium *alloy 6061* dengan variasi pendinginan *cooling tower* atau tanpa pendinginan dengan suhu 195-215°C didapat: Dengan media pendingin air, suhu pada cetakan didapat 40-50°C, dan nilai dimensi produk yaitu 10,7 cm³ pada dimensi cetakan yang dibuat dengan suhu 205°C. Sedangkan dengan tanpa pendinginan suhu pada cetakan didapat 45-55°C, dan nilai dimensi produk yaitu 10, cm³ pada dimensi cetakan yang dibuat dengan suhu 205°C. Produk yang dihasilkan diatas terdapat beberapa cacat yaitu cacat *short shot*, *shrinkage*, *flashing*, dan *crack*. Semakin tinggi suhu yang digunakan akan mengurangi terjadinya cacat *short shot* rendah, akan tetapi lebih besar terjadinya cacat seperti *flashing*.

V. REERENSI

- [1] Holiyan, Ega. dkk. 2018. *The Effect Of Injection Temperature and Pressure On Polycarbonate's Short Shot Defect In Injection Molding Machine*. Politeknik ATK Yogyakarta.
- [2] Ramadhan, Anwar Ilmar dkk. 2017. *Analisa Penyusutan Produk Plastik di Proses Injection Molding Menggunakan Media Pendingin Cooling Tower dan Udara dengan Material Polypropylene*. *Jrst: Jurnal Riset Sains Dan Teknologi*, 1(2), 65. Jakarta: Universitas Muhammadiyah.
- [3] Saifuddin dkk. 2018. *Pembuatan Gelas Dengan Bahan Polypropylene Menggunakan Cetakan Plastik 1,2,3*. 30–38. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [4] Setyoadi, Yuris dan Khoiriya Latifah. *Integrasi Software CAD-CAM dalam Sistem Operasi Mesin Bubut CNC*. 149–159. Universitas PGRI Semarang.
- [5] Wiyono, Slamet dan Agus Pramono. *Performa Hard Machining Pada AISI-01 Alloy Tool Steel*.
- [6] Jurnal Teknik Mesin 1(2). Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. https://www.analyzemath.com/Geometry_calculators/surface_volume_frustum.html. Diakses pada tanggal 21 November 2020.