

## OPTIMALISASI PARAMETER PROSES INJEKSI MENGGUNAKAN SIMULASI MOLDFLOW DAN METODE *DESIGN OF EXPERIMENT* UNTUK MEMINIMALKAN *CYCLE TIME* DAN ELIMINASI *SHORT SHOT* PADA PRODUK TEMPAT NASI BERBAHAN *POLYPROPYLENE*

M. Choirul Anwar<sup>1a</sup>, Cahyo Budiyanoro<sup>1b</sup>, Thoharudin<sup>1c</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

<sup>a</sup>mcanwar.mc@gmail.com, <sup>b</sup>cahyo\_budi@umy.ac.id, <sup>c</sup>thoharudin@gmail.com

### Abstrak

Penggunaan material plastik dalam pembuatan kemasan makanan dan alat rumah tangga sudah sangat banyak digunakan oleh masyarakat hingga saat ini. Berbagai bentuk dan fungsi yang telah dibuat salah satunya dengan menggunakan mesin *injection molding*. Dengan mesin *injection molding* desain kemasan atau alat rumah tangga yang cukup kompleks dapat diproduksi. Salah satu produk yang diminati pasar adalah tempat nasi tradisional. Produk tempat nasi tradisional ini menggunakan material *polypropylene*. Pada proses produksinya produk tempat nasi ini terdapat beberapa masalah yang terjadi saat dilakukan injeksi pada produk tersebut yaitu *cycle time* yang terlalu lama dan terjadinya *short shot* pada produk. Dari beberapa permasalahan tersebut, simulasi dan optimalisasi yang telah dilakukan memberikan hasil yang lebih baik. Optimalisasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah pada parameter prosesnya pada simulasi moldflow. Simulasi *cycle time* pada hasil sebelumnya untuk produksi tempat nasi ini membutuhkan waktu selama 172,59 detik dan setelah dioptimalisasi menjadi 23,88 detik. Pada optimalisasi *short shot*, *cavity weight* yang didapatkan meningkat dari 96,99 gram menjadi 99,36 gram. Hasil tersebut didapatkan berdasarkan analisis *S/N Ratio*, ANOVA dan telah dilakukan eksperimen konfirmasi pada parameter terbaiknya

**Kata kunci:** *Injection molding, Moldflow insight, polypropylene, short shot, cycle time, Design of experiment*

### 1. Pendahuluan

Material plastik saat ini semakin banyak digunakan dalam pembuatan berbagai produk. Plastik adalah bahan polimer sintesis yang murah, mudah didapat dan praktis untuk digunakan (Ilmawati dkk, 2017). Beberapa faktor yang menyebabkan penggunaan material plastik ini karena kualitasnya yang cukup baik, biaya produksi yang relatif lebih murah, perkembangan teknologi rekayasa manufaktur plastik yang semakin baik dan proses pembentukan yang tidak terlalu sulit.

Dalam proses pengolahan material plastik terdapat beberapa metode yaitu, *injection molding*, *blow molding*, *thermoforming* dan lainnya. *Injection molding* adalah sebuah metode dimana material plastik yang telah meleleh karena panas dan gesekan pada barrel yang kemudian di injeksikan kedalam cetakan (*mold*). Hasil produksi plastik dengan *injection molding* tidak selalu sesuai dengan desain yang diinginkan seperti terjadinya cacat dan waktu pembuatan yang terlalu lama. Percobaan *trial and error* sering digunakan dalam penyelesaian masalah tersebut, namun metode tersebut mengakibatkan biaya menjadi lebih besar dan banyak waktu yang terbuang. Cara optimalisasi yang terbaru adalah menggunakan *software* simulasi moldflow insight. Dengan penggunaan *software* moldflow biaya untuk menyediakan bahan *trial and error* menjadi berkurang dan waktunya lebih cepat untuk menemukan parameter proses yang paling optimal.

DOE adalah metode yang sering digunakan dalam sebuah penelitian atau optimasi untuk mencari parameter proses terbaik. Penelitian ini menggunakan *software* moldflow dan metode *design of experiment* (DOE). Produk tempat nasi yang digunakan pada penelitian ini mengalami beberapa masalah yaitu *cycle time* yang terlalu lama dan sering terjadinya *short shot*. Dengan kebutuhan untuk segera menyelesaikan masalah pada produk tersebut maka perlu dilakukan penelitian ini. Beberapa cara optimalisasi yang dapat dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melakukan optimasliasi pada parameter proses dan desain pendinginnya.

## 2. Metodologi

### Setting faktor dan level parameter proses

Penentuan faktor dan *range* level untuk optimalisasi *cycle time* didapatkan dari studi literatur jurnal Neeraj dkk (2012) dan Goodship (2004). Pada optimalisasi *short shot* penentuan faktor dan *range* level didapatkan dari studi literatur BASF (2016) dan Mehdi (2016). Tabel 1 dan 2 berikut adalah parameter proses pada penelitian ini.

**Tabel 1.** Setting faktor dan level parameter proses optimalisasi *cycle time*

Faktor	Level			
	1	2	3	4
(A) Injection Time	0,72 sec.	1,25 sec.	1,78 sec.	2,31 sec.
(B) Mold Temperature	30 (°C)	45 (°C)	60 (°C)	75 (°C)
(C) Melt Temperature	200 (°C)	225 (°C)	250 (°C)	275 (°C)
(D) Holding Time	1 sec.	3 sec.	5 sec.	7 sec.

**Tabel 2.** Setting faktor dan level parameter proses optimalisasi *short shot*

Faktor	Level			
	1	2	3	4
(A) Injection Pressure	100 MPa	125 MPa	150 MPa	175 MPa
(B) Mold Temperature	30 (°C)	45 (°C)	60 (°C)	75 (°C)
(C) Melt Temperature	200 (°C)	225 (°C)	250 (°C)	275 (°C)
(D) Holding Time	3 sec.	5 sec.	7 sec.	9 sec.

### Alat penelitian

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kalkulator *scientific*, komputer, software autodesk inventor, software moldflow insight, software minitab.

### Desain faktorial

Desain faktorial pada penelitian ini menggunakan 4 faktor dan 4 level dengan 16 percobaan. Tabel 3 dan 4 menunjukkan variasi percobaan simulasi dengan matriks orthogonal L16 (4<sup>4</sup>)

**Tabel 3.** Data percobaan dan variasi faktor optimalisasi *cycle time*

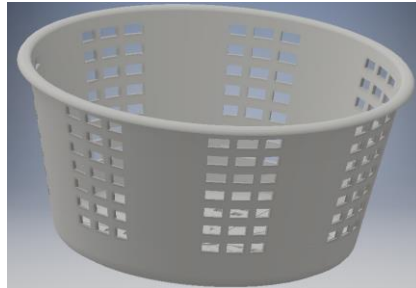
Trial	Faktor			
	A	B	C	D
1	0,72	30	200	1
2	0,72	45	225	3
3	0,72	60	250	5
4	0,72	75	275	7
5	1,25	30	225	5
6	1,25	45	200	7
7	1,25	60	275	1
8	1,25	75	250	3
9	1,78	30	250	7
10	1,78	45	275	5
11	1,78	60	200	3
12	1,78	75	225	1
13	2,31	30	275	3
14	2,31	45	250	1
15	2,31	60	225	7
16	2,31	75	200	5

**Tabel 4.** Data percobaan dan variasi faktor optimalisasi *short shot*

Trial	Faktor			
	A	B	C	D
1	100	30	200	3
2	100	45	225	5
3	100	60	250	7
4	100	75	275	9
5	125	30	225	7
6	125	45	200	9
7	125	60	275	3
8	125	75	250	5
9	150	30	250	9
10	150	45	275	7
11	150	60	200	5
12	150	75	225	3
13	175	30	275	5
14	175	45	250	3
15	175	60	225	9
16	175	75	200	7

**Produk penelitian**

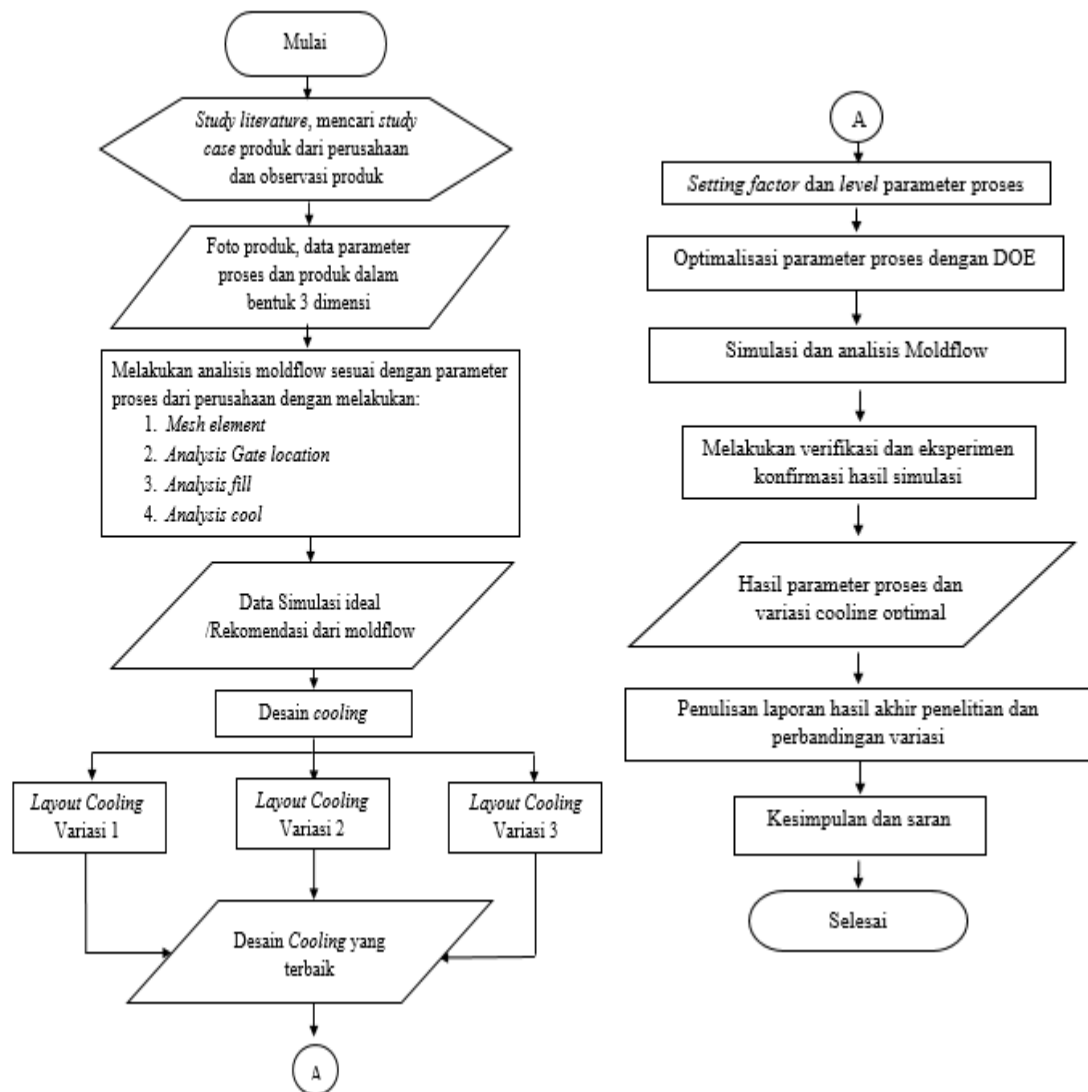
Produk penelitian ini adalah tempat nasi (*waku*). Produk ini menggunakan bahan *polypropylene*. Bentuk 3 dimensi dari produk ini ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Produk tempat nasi

**Diagram alir**

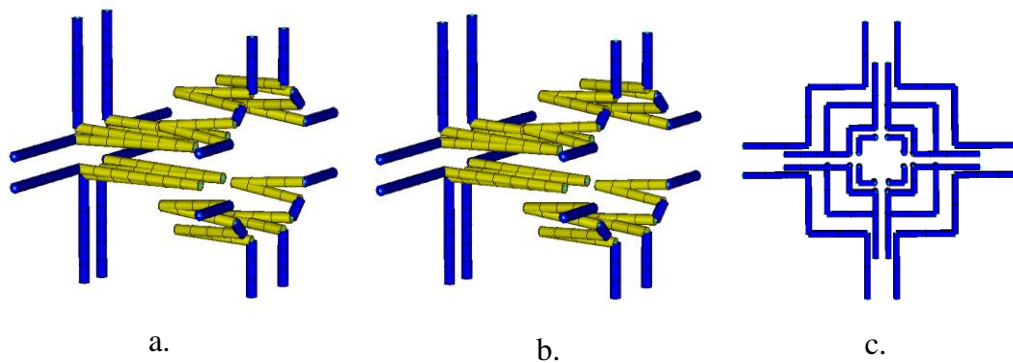
Gambar 2 berikut adalah diagram alir yang digunakan pada penelitian ini.



**Gambar 2.** Diagram alir penelitian

### 3. Hasil dan pembahasan

#### Rekomendasi *layout cooling*



Gambar 3. a. Baffle, b. Bubbler, c. Conformal

#### *Layout cooling* terbaik

Berdasarkan data simulasi dan analisis, *layout baffle* menunjukkan hasil yang baik. Hasil efisiensi termal, *circuit cooling temperature*, *coolant temperature* dan kemudahan proses pembuatannya *layout baffle* dipilih dalam penelitian ini.

#### Hasil simulasi optimalisasi *cycle time*

Setelah dilakukan simulasi, hasil optimalisasi *cycle time* dilihat pada bagian log *software moldflow*. Gambar 4 menunjukkan salah satu log simulasi yang terdapat waktu spesifiknya dan Tabel 5 menunjukkan hasil dari seluruh percobaan optimalisasi *cycle time*.

```

Process parameters :
-----
Fill time = 1.1400 s
Stroke volume determination = Automatic
Cycle time = 24.5042 s

Velocity/pressure switch-over by = Automatic
Packing/holding time = 6.1000 s
Ram speed profile (rel):
% shot volume % ram speed
-----
0.0000 100.0000
100.0000 100.0000
Pack/hold pressure profile (abs):
duration pressure
-----
0.0000 s 100.0000 MPa
3.0000 s 100.0000 MPa
3.1000 s 0.0000 MPa
15.2642 s 0.0000 MPa

Ambient temperature = 25.0000 C
Melt temperature = 200.0000 C
Ideal cavity-side mold temperature = 70.0000 C
Ideal core-side mold temperature = 70.0000 C

NOTE: Using mold wall temperature data from cooling analysis
    
```

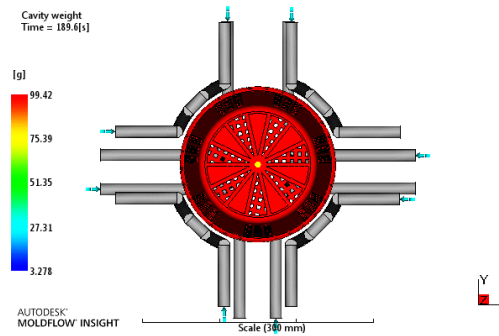
Gambar 4. Log simulasi *cycle time*

Trial	Faktor				Hasil
	A	B	C	D	<i>Cycle Time</i>
1	0,72	30	200	1	144,26
2	0,72	45	225	3	35,75
3	0,72	60	250	5	32,25
4	0,72	75	275	7	32,96
5	1,25	30	225	5	167,87
6	1,25	45	200	7	30,35
7	1,25	60	275	1	35,3
8	1,25	75	250	3	30,13
9	1,78	30	250	7	191,6
10	1,78	45	275	5	46,61
11	1,78	60	200	3	25,64
12	1,78	75	225	1	27,15
13	2,31	30	275	3	215,79
14	2,31	45	250	1	41,16
15	2,31	60	225	7	29,05
16	2,31	75	200	5	23,88

Tabel 5. Hasil percobaan simulasi *cycle time*

**Hasil simulasi optimalisasi short shot**

Pada optimalisasi *short shot* acuan ditujukan pada berat benda (*cavity weight*). Pemilihan acuan tersebut karena asumsi berat benda yang semakin tinggi menunjukkan bahwa proses injeksi kedalam material telah sempurna. Gambar 5 menunjukkan salah satu hasil simulasi optimalisasi *short shot* berdasarkan *cavity weight* dan Tabel 6 menunjukkan hasil dari seluruh percobaan.



**Gambar 5. Cavity weight produk**

**Tabel 6. Hasil percobaan simulasi short shot**

Trial	Faktor				Hasil
	A	B	C	D	Short Shot
1	100	30	200	3	98,68
2	100	45	225	5	98,89
3	100	60	250	7	99,07
4	100	75	275	9	99,17
5	125	30	225	7	99,33
6	125	45	200	9	99,27
7	125	60	275	3	95,38
8	125	75	250	5	98,39
9	150	30	250	9	99,36
10	150	45	275	7	99,01
11	150	60	200	5	99,08
12	150	75	225	3	97,19
13	175	30	275	5	98,54
14	175	45	250	3	96,26
15	175	60	225	9	99,28
16	175	75	200	7	99,24

**Analisis S/N Ratio**

*Signal to noise ratio* merupakan logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadratik yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. *S/N ratio* diformulasikan sedemikian rupa sehingga peneliti selalu dapat memilih kombinasi faktor terbaik. *S/N ratio* juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan karakter kualitas dari suatu eksperimen (Soejanto, 2009). Pada penelitian ini *S/N ratio* digunakan untuk mengetahui kombinasi parameter mana saja yang berpengaruh terhadap respon *cycle time* dan *short shot*.

**Perhitungan S/N Ratio**

Penelitian ini menggunakan *S/N ratio smaller the better cycle time* (STB) dan *larger the better* (LTB) untuk optimalisasi *short shot*. Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan

S/N ratio STB beserta respon levelnya, kemudian untuk percobaan lainya menggunakan rumus yang sama dan sesuai untuk LTB.

Diketahui :

n : 16

$y_i$  : 144,26 detik

Ditanya :

a.  $sn_{STB}$  : .....?

b. S/N Ratio untuk level 1 pada faktor injection time : .....?

Jawab :

$$a. sn_{STB} = -10 \text{ Log } \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]$$

$$sn_{STB} = -10 \text{ Log } \left[ \frac{1}{16} \sum_{i=1}^n 144,26^2 \right]$$

$$= -43,18$$

$$b. \text{Level 1} = \frac{((-43,18)+(-31,06)+(-30,17)+(-30,35))}{4}$$

$$= -33,69$$

**Hasil analisis S/N Ratio**

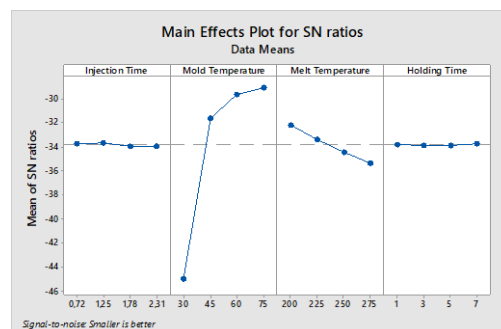
Setelah melakukan perhitungan S/N ratio, didapatkan respon tabel yang ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8. Respon tabel ini menunjukkan hubungan antara parameter dan levelnya yang memberikan noise terbesar atau terkecil. Bagian tabel yang diblok berwarna adalah level parameter yang paling berpengaruh pada setiap optimalisasi.

**Tabel 7.** Respon tabel optimalisasi cycle time

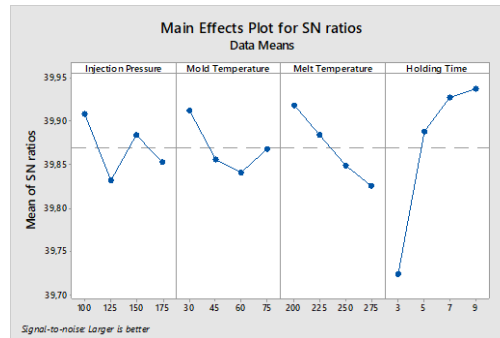
Level	Injection Time	Mold Temperature	Melt Temperature	Holding Time
1	-33,69	-45,00	-32,14	-33,78
2	-33,67	-31,59	-33,38	-33,88
3	-33,97	-29,64	-34,42	-33,90
4	-33,95	-29,04	-35,34	-33,73
Delta	0,30	15,96	3,20	0,17
Rank	3	1	2	4

**Tabel 8.** Respon tabel optimalisasi short shot

Level	Injection Pressure	Mold Temperature	Melt Temperature	Holding Time
1	39,91	39,91	39,92	39,72
2	39,83	39,86	39,88	39,89
3	39,88	39,84	39,85	39,93
4	39,85	39,87	39,83	39,94
Delta	0,08	0,07	0,09	0,21
Rank	3	4	2	1



**Gambar 6.** Grafik S/N Ratio optimalisasi cycle time



Gambar 7. Grafik S/N Ratio optimalisasi *short shot*

Grafik *mean effects plot* seperti pada Gambar 6 dan Gambar 7 diperoleh dari respon tabel. Gambar 6 menunjukkan bahwa kombinasi level dan parameter optimalisasi *cycle time* adalah *injection time level* (), *mold temperature* (), *melt temperature* (), *holding time* (). Pada Gambar 7 kombinasi level dan parameter optimalisasi *short shot* adalah *injection pressure* (), *mold temperature* (), *holding time* ().

### Analysis of variance (ANOVA)

ANOVA pada penelitian ini digunakan untuk mengukur berapa kontribusi suatu parameter prosesnya. ANOVA memiliki klasifikasi yang dapat dihitung seperti jumlah kuadrat total, jumlah kuadrat faktor jumlah kuadrat *error* dan lainnya.

#### Perhitungan ANOVA

1. Jumlah kuadrat total (ST)

$$ST = \sum y^2$$

$$= (144,26^2 + 35,75^2 + 32,25^2 + 32,96^2 + 167,87^2 + 30,35^2 + 35,3^2 + 30,13^2 + 191,6^2 + 46,61^2 + 25,64^2 + 27,15^2 + 215,79^2 + 41,16^2 + 29,05^2 + 23,88^2)$$

$$= 145422,011$$

2. Jumlah kuadrat *mean* ( $S_m$ )

$$S_m = n \times y^2 = 16 \times 63,36^2 = 76971,57$$

3. Jumlah derajat kebebasan ( $Df$ ,  $Df_e$ )

$$Df = \text{level} - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$Df_e = \text{VoA} - \sum Df$$

$$= N - 1 - \sum Df$$

$$= 16 - 1 - 12 = 3$$

4. Jumlah kuadrat faktor ( $Sq_A, Sq_B, Sq_C, Sq_D$ )

$$Sq_A = \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} + \frac{A_3^2}{n_{A3}} + \frac{A_4^2}{n_{A4}} - \frac{T^2}{N}$$

$$= \frac{245,22^2}{4} + \frac{263,65^2}{4} + \frac{291^2}{4} + \frac{309,88^2}{4} - \frac{1109,75^2}{16} = 616,13$$

$$Sq_B = \frac{B_1^2}{n_{A1}} + \frac{B_2^2}{n_{A2}} + \frac{B_3^2}{n_{A3}} + \frac{B_4^2}{n_{A4}} - \frac{T^2}{N} = 65366,18$$

$$Sq_C = \frac{C_1^2}{n_{A1}} + \frac{C_2^2}{n_{A2}} + \frac{C_3^2}{n_{A3}} + \frac{C_4^2}{n_{A4}} - \frac{T^2}{N} = 1574,52$$

$$Sq_D = \frac{D_1^2}{n_{A1}} + \frac{D_2^2}{n_{A2}} + \frac{D_3^2}{n_{A3}} + \frac{D_4^2}{n_{A4}} - \frac{T^2}{N} = 463,94$$

$$Sq_e = ST - S_m - Sq_A - Sq_B - Sq_C - Sq_D$$

$$= 145422,011 - 76971,57 - 616,13 - 65366,18 - 1574,52 - 463,94 = 429,67$$

5. Jumlah kuadrat total sesungguhnya (St)

$$St = Sq_A + Sq_B + Sq_C + Sq_D + Sq_e$$

$$= 616,13 + 65366,18 + 1574,52 + 463,94 + 429,67$$

$$= 68450,44$$

6. Rata – rata jumlah kuadrat ( $Mq_A + Mq_B + Mq_C + Mq_D + Mq_e$ )

$$Mq_A = \frac{Sq_A}{Df_A} = \frac{616,13}{3} = 205,38$$

$$Mq_B = \frac{Sq_B}{Df_B} = \frac{65366,18}{3} = 21788,73$$

$$Mq_C = \frac{Sq_C}{Df_C} = \frac{1574,52}{3} = 524,84$$

$$Mq_D = \frac{Sq_D}{Df_D} = \frac{463,94}{3} = 154,65$$

$$Mq_e = \frac{Sq_e}{Df_e} = \frac{429,67}{3} = 143,22$$

7. F-Ratio

$$F\text{-Ratio A} = \frac{Mq_A}{Mq_e} = \frac{205,38}{143,22} = 1,43$$

$$F\text{-Ratio B} = \frac{Mq_B}{Mq_e} = \frac{21788,73}{143,22} = 152,13$$

$$F\text{-Ratio C} = \frac{Mq_C}{Mq_e} = \frac{524,84}{143,22} = 3,66$$

$$F\text{-Ratio D} = \frac{Mq_D}{Mq_e} = \frac{154,65}{143,22} = 1,08$$

8. Jumlah kuadrat sesungguhnya ( $Sq'_A, Sq'_B, Sq'_C, Sq'_D, Sq'_e, Sq'_t$ )

$$Sq'_A = Sq_A - Df \times Mq_e = 616,13 - 3 \times (143,22) = 186,46$$

$$Sq'_B = Sq_B - Df \times Mq_e = 64936,51$$

$$Sq'_C = Sq_C - Df \times Mq_e = 1144,85$$

$$Sq'_D = Sq_D - Df \times Mq_e = 34,27$$

$$Sq'_e = St - Sq'_A - Sq'_B - Sq'_C - Sq'_D = 68450,44 - 186,46 - 64936,51 - 1144,85 - 34,27 = 2148,36$$

9. Persen kontribusi ( $\rho\%$ )

$$\rho A = \frac{Sq'_A}{St} \times 100 = \frac{(186,46)}{68450,44} \times 100 = 0,27 \%$$

$$\rho B = \frac{Sq'_B}{St} \times 100 = \frac{(64936,51)}{68450,44} \times 100 = 94,87 \%$$

$$\rho C = \frac{Sq'_C}{St} \times 100 = \frac{(1144,85)}{68450,44} \times 100 = 1,67 \%$$

$$\rho D = \frac{Sq'_D}{St} \times 100 = \frac{(34,27)}{68450,44} \times 100 = 0,05 \%$$

$$\rho e = \frac{Sq'_e}{St} \times 100 = \frac{(2148,36)}{68450,44} \times 100 = 3,14 \%$$

Perhitungan diatas adalah sebuah contoh dari perhitungan ANOVA pada optimalisasi *cycle time*. Perhitungan ANOVA untuk optimalisasi *short shot* sama seperti perhitungan pada optimalisasi *cycle time*.

**Hasil ANOVA**

Hasil perhitungan ANOVA dimasukan kedalam tabel kontribusi parameter. Persentase kontribusi parameter proses pada optimalisasi *cycle time* seperti Tabel 9 menunjukkan bahwa parameter proses yang paling berkontribusi adalah *mold temperature*. Parameter terendah adalah *holding time*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jika ingin mengoptimalkan *cycle time* maka parameter yang harus diperbaiki adalah *mold temperature* saat proses injeksi berlangsung.

**Tabel 9.** Persentase kontribusi parameter untuk optimalisasi *cycle time*

Source	Df	Sq	Mq	F-Ratio	Sq'	$\rho\%$
<i>Injection Time</i>	3	616,13	205,38	1,43	186,46	0,27
<i>Mold Temperature</i>	3	65366,18	21788,73	152,13	64936,51	94,87
<i>Melt Temperature</i>	3	1574,52	524,84	3,66	1144,85	1,67
<i>Holding Time</i>	3	463,94	154,65	1,08	34,27	0,05
Error	3	429,67	143,22	-	2148,36	3,14
Total	15	68450,44	-	-	-	100



Persentase kontribusi parameter optimalisasi *short shot* seperti Tabel 10 menunjukkan bahwa parameter proses yang berpengaruh adalah *holding time*. Pada optimalisasi *short shot* 3 parameter lainnya cukup berpengaruh namun tidak terlalu besar jika dilihat berdasarkan persentasenya.

**Tabel 10.** Persentase kontribusi parameter untuk optimalisasi *short shot*

Source	Df	Sq	Mq	F-Ratio	Sq'	ρ %
<i>Injection Time</i>	3	1,70	0,57	2,16	0,91	4,31
<i>Mold Temperature</i>	3	1,35	0,47	1,71	0,56	2,63
<i>Melt Temperature</i>	3	2,52	0,84	3,21	1,73	8,17
<i>Holding Time</i>	3	14,86	4,95	18,26	14,07	66,33
Error	3	0,79	0,26	-	3,94	18,74
Total	15	21,21	-	-	-	100

### Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk memastikan bahwa parameter yang telah dinyatakan optimal oleh *S/N Ratio* dan ANOVA terbukti dapat memperbaiki masalah sebelumnya. Pada penelitian ini eksperimen konfirmasi dilakukan dengan melakukan perhitungan dan melakukan simulasi moldflow. Parameter yang digunakan dalam eksperimen konfirmasi adalah parameter optimum berdasarkan analisis *S/N ratio* dan ANOVA.

### Perhitungan eksperimen konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk memastikan bahwa parameter yang telah dinyatakan optimal oleh *S/N Ratio* dan ANOVA terbukti dapat memperbaiki masalah sebelumnya. Pada penelitian ini eksperimen konfirmasi dilakukan dengan cara melakukan simulasi moldflow, kemudian perhitungan *confidence interval* (CI) berikut.

Perhitungan eksperimen konfirmasi optimalisasi *cycle time*

$$1. Sq \text{ (pooled } e) = Sqe + SqD \\ = 492,67 + 463,94 = 893,61$$

$$2. Df \text{ (pooled } e) = Dfe + Dfb \\ = 3 + 3 = 6$$

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \bar{y} &= 69,36 \\ \bar{A}_2 &= 65,91 \\ \bar{B}_4 &= 28,53 \\ \bar{C}_1 &= 56,03 \\ \bar{D}_4 &= 70,99 \\ MSe &= 148,935 \\ F_{(0,1;1;6)} &= 3,78 \\ N_{eff} &= 3.2 \end{aligned}$$

Ditanya : a.  $\mu$  Prediksi CT ?  
b. *Confidence Interval* (CI) ?

Jawab :

a.  $\mu$  Prediksi

$$\begin{aligned} \mu \text{ prediksi} &= \bar{y} + (\bar{A}_2 - \bar{y}) + (\bar{B}_4 - \bar{y}) - (\bar{C}_1 - \bar{y}) + (\bar{D}_4 - \bar{y}) \\ &= 69,36 + (65,91 - 69,36) + (28,53 - 69,36) - (56,03 - 69,36) + (70,99 - 69,36) \\ &= 13,38 \end{aligned}$$

b. *Confidence Interval* (CI)

$$CI = \pm \sqrt{F_{(\alpha,v1,v2)} \times MSe \times \frac{1}{n_{eff}}}$$

$$= \pm \sqrt{3,78 \times 148,935 \times \frac{1}{3,2}}$$

$$= \pm 13,26$$

$$\mu \text{ Prediksi} - \text{CI} \leq \mu \text{ Prediksi} \leq \mu \text{ Prediksi} + \text{CI}$$

$$13,38 - 13,26 \leq 13,26 \leq 13,38 + 13,26$$

$$0,12 \leq 13,26 \leq 26,64$$

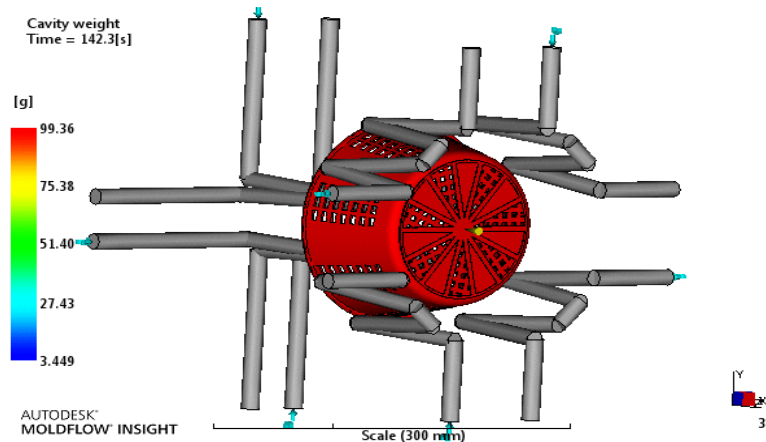
Pada optimalisasi *cycle time* didapatkan prediksi selama 0,26 hingga 26,64 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil simulasi eksperimen konfirmasi diperkirakan diantara *range* tersebut. Pada optimalisasi *short shot* perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan diatas. Hasilnya didapatkan prediksi antara 99,23 hingga 102,17. Jika hasil masih dalam *range* tersebut, dengan asumsi *cavity weight* terberat telah menghilangkan *short shot* berarti penelitian ini berhasil mengeliminasi *short shot* dengan beberapa parameter prosesnya.

### Hasil parameter optimum

Hasil simulasi eksperimen konfirmasi pada Gambar dan Gambar menunjukkan bahwa nilai yang didapat masih dalam range prediksi. Pada *cycle time* menunjukkan hasil terbaik dengan 23,88 detik dan pada optimalisasi *short shot* hasil terbaik didapatkan berat produk sebesar 99,36 gram. Hasil tersebut didapatkan dengan kombinasi parameter proses pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Process parameters :		
Fill time		= 1.2500 s
Stroke volume determination		= Automatic
Cycle time		= 23.8883 s
Velocity/pressure switch-over by		= Automatic
Packing/holding time		= 14.1000 s
Ram speed profile (rel):		
% shot volume	% ram speed	
0.0000	100.0000	
100.0000	100.0000	
Pack/hold pressure profile (abs):		
duration	pressure	
0.0000 s	100.0000 MPa	
7.0000 s	100.0000 MPa	
7.1000 s	0.0000 MPa	
6.5383 s	0.0000 MPa	
Ambient temperature		= 25.0000 C
Melt temperature		= 200.0000 C
Ideal cavity-side mold temperature		= 75.0000 C
Ideal core-side mold temperature		= 75.0000 C

Gambar 8. Hasil simulasi eksperimen konfirmasi *cycle time*



Gambar 9. Hasil simulasi eksperimen konfirmasi *short shot*

**Tabel 11.** Kombinasi level dan parameter proses optimum eksperimen konfirmasi untuk optimaslisasi *cycle time*

Respon	<i>Injection time</i>	<i>Mold Temperature</i>	<i>Melt Temperature</i>	<i>Holding time</i>
<i>Cycle Time</i>	1,25 detik	75 °C	200 °C	7 detik

**Tabel 12.** Kombinasi level dan parameter proses optimum eksperimen konfirmasi untuk optimaslisasi *short shot*

Respon	<i>Injection Pressure</i>	<i>Mold Temperature</i>	<i>Melt Temperature</i>	<i>Holding Time</i>
<i>Short Shot</i>	100 MPa	30 °C	200 °C	9 detik

## Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian tentang optimalisasi parameter proses untuk meminimalkan *cycle time* dan eliminasi *short shot* adalah sebagai berikut:

1. Simulasi dan optimalisasi yang telah dilakukan *cycle time* untuk memproduksi tempat nasi ini menjadi lebih rendah yaitu 23,88 detik. Pada optimalisasi *short shot* dihasilkan produk yang lebih baik dengan pengukuran berdasarkan *cavity weight* atau berat bendanya yaitu sebesar 99,36 gram.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan metode taguchi dan menggunakan S/N Ratio dan ANOVA didapatkan parameter proses yang optimal untuk optimalisasi *cycle time* adalah *injection time* 1,25 detik, *mold temperature* 75 °C, *melt temperature* 200 °C, *holding time* 7 detik. Optimalisasi *short shot* didapatkan parameter proses *injection pressure* sebesar 100 MPa, *mold temperature* 30 °C, *melt temperature* 200 °C, *holding time* 9 detik. Hasil parameter optimal menurut S/N Ratio dan ANOVA tersebut telah dipastikan dengan eksperimen konfirmasi yang dilakukan pada akhir penelitian.
3. Hasil simulasi sebelum dilakukan optimalisasi pada *cycle time* dengan setelah simulasi menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Pada simulasi awal *cycle time* yang didapat adalah sebesar 172,59 detik, sedangkan simulasi setelah optimalisasi menunjukkan hasil sebesar 23,88 detik. Perbandingan hasil *cavity weight* pada optimalisasi *short shot* sebelum dan setelah optimalisasi cukup signifikan yaitu pada awal sebesar 96,99 gram, sedangkan setelah optimalisasi menjadi 99,36 gram.

## Daftar pustaka

- Chauhan N.S. dan Ahmad S. 2012. *Optimizing Cycle Time Of Dvd-R Injection Moulding Machine*. International Journal of Engineering Science and Technology. Vol-4. hlm. 1982-1990
- Goodship V. 2004. "*Practical Guide To Injection Molding*". Rapra Technology Limited.
- Ilmawati C., Reza M., Rahmatini dan Rustam E. 2017. Edukasi Pemakaian Plastik Sebagai Kemasan Makanan Dan Minuman Serta Risikonya Terhadap Kesehatan Pada Komunitas Di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, Padang. Logista-Jurnal ilmiah pengabdian kepada masyarakat. Vol-1. hlm. 20-28
- Moayyedian M., Abhary K. dan Marian R. 2016. *The Analysis Of Defects Prediction In Injection Molding*. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, mechatronic and Manufacture Engineering. Vol-10. hlm. 1819-1822
- Soejanto I. 2009. "Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi". Yogyakarta: Graha Ilmu.