

Optimalisasi Parameter Proses Injeksi Menggunakan Simulasi Moldflow untuk Meminimalkan *Cycle Time* dan Eliminasi *Short Shot* pada Produk Tempaat

M. Choirul Anwar^a, Cahyo Budiyanoro^b, Thoharudin^c

^{a,b,c}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
e-mail: mcanwar.mc@gmail.com^a, cahyo_budi@umy.ac.id^b, thoharudin@gmail.com^c

Abstract

Plastic materials in the manufacture of food and household appliances have been widely used by the public. Various forms and functions have been made, one of which is using an injection molding machine. With an injection molding machine a packaging design or a fairly complex household appliance can be produced. One of the products that the market is interested in is a traditional rice container. This traditional rice container product uses polypropylene material. In this rice container production process there are several problems, namely the cycle time that is too long and the occurrence of short shots on the product. Of these problems, simulations and optimizations that have been carried out provide better results. Optimization carried out in this study is the process parameters using moldflow simulation. Confirmation based on S / N Ratio analysis, ANOVA on the best parameters, after the optimization simulation is obtained from the previous time 172.59 seconds to 23.88 seconds. Short shot and cavity weight obtained increased from 96.99 grams to 99.36 grams.

Keywords: *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 [1]. Beberapa faktor yang menyebabkan penggunaan material plastik 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.

Proses pengolahan material plastik dapat dilakukan dengan beberapa metode di antaranya *injection molding*, *blow molding*, dan *thermoforming*. *Injection molding* adalah metode pengolahan dengan menginjeksikan material plastik yang telah meleleh karena panas dan gesekan pada barrel ke dalam cetakan (*mold*). Hasil produksi plastik dengan *injection molding* tidak selalu sesuai dengan desain yang diinginkan seperti terjadinya cacat dan waktu pembuatan yang terlalu lama. Proses pengolahan material plastik sering mengalami *trial and error* sehingga biaya pengolahan menjadi lebih besar dan banyak waktu yang terbuang. Cara optimalisasi yang terbaru agar lebih efektif adalah menggunakan *software* simulasi *moldflow insight*. Penggunaan *software moldflow* dalam proses pengolahan material plastik dapat mengurangi biaya yang dibutuhkan dan waktunya lebih cepat sehingga dapat 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 tempaat nasi yang digunakan pada penelitian ini mengalami beberapa masalah yaitu *cycle time* yang terlalu lama dan sering terjadi *short shot*. Penelitian ini dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada produk tersebut. Beberapa cara optimalisasi yang dapat dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melakukan optimalisasi pada parameter proses dan desain pendinginnya.

2. METODE

2.1 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 [2]. Pada penelitian ini, S/N ratio digunakan untuk mengetahui kombinasi parameter mana saja yang berpengaruh terhadap respon cycle time dan short shot. Rumus S/N ratio STB (*Smaller the better*) dan LTB (*Larger the better*) ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2.

Smaller is the better

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

Larger the better

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

2.2 Analysis of variance (ANOVA)

ANOVA pada penelitian ini digunakan untuk mengukur berapa kontribusi suatu parameter prosesnya. ANOVA memiliki klasifikasi yang dapat dihitung di antaranya jumlah kuadrat total, jumlah kuadrat faktor, dan jumlah kuadrat error. Tabel 2.1 menunjukkan rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung ANOVA.

Table 2.1 Rumus ANOVA

Jumlah kuadrat total	$ST = \sum y^2$	Rata – rata jumlah kuadrat	$Mq_A = \frac{Sq_A}{Df_A}$
Jumlah kuadrat mean	$S_m = n \times y^2$	Rata – rata jumlah kuadrat (error)	$Mq_e = \frac{Sq_e}{Df_e}$
Jumlah derajat kebebasan	$Df = \text{level} - 1$	F-Ratio	$F\text{-Ratio } A = \frac{Mq_A}{Mq_e}$
Jumlah derajat kebebasan (error)	$Df_e = \text{VoA} - \sum Df$	Jumlah kuadrat sesungguhnya	$Sq_{A'} = Sq_A - Df \times [Mq]_e$
Jumlah kuadrat faktor	$Sq_A = \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} + \frac{A_3^2}{n_{A3}} + \frac{A_4^2}{n_{A4}} - \frac{r^2}{N}$	Jumlah kuadrat sesungguhnya (error)	$Sq'_e = St - Sq'_A - Sq'_B - Sq'_C - Sq'_D$
Jumlah kuadrat faktor (error)	$Sq_e = ST - S_m - Sq_A - Sq_B - Sq_C$	Persentase kontribusi	$\rho A = \frac{Sq'_A}{ST} \times 100$
Jumlah kuadrat total sesungguhnya	$St = Sq_A + Sq_B + Sq_C + Sq_D + Sq_e$		

2.3 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*. Persamaan 3 dan 4 menunjukkan rumus yang digunakan dalam menghitung eksperimen konfirmasi pada penelitian ini.

μ prediksi

$$\mu \text{ prediksi} = \bar{y} + (\bar{A}_2 - \bar{y}) + (\bar{B}_4 - \bar{y}) - (\bar{C}_1 - \bar{y}) + (\bar{D}_4 - \bar{y}) \quad (3)$$

Confidence Interval (CI)

$$CI = \pm \sqrt{F_{(\alpha, v1, v2)} \times MSe \times \frac{1}{n_{eff}}} \quad (4)$$

2.4 Setting faktor dan level parameter proses

Penentuan faktor dan *range* level untuk optimalisasi *cycle time* didapatkan dari studi literatur jurnal [3], [4]. Pada optimalisasi *short shot*, penentuan faktor dan *range* level didapatkan dari studi literatur [5]. Tabel 2.2 dan 2.3 berikut adalah parameter proses pada penelitian ini.

Table 2.2 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.

Table 2.3 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.

2.5 Alat Penelitian

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

2.6 Desain Faktorial

Desain faktorial pada penelitian ini menggunakan 4 faktor dan 4 level dengan 16 percobaan. Tabel 2.4 dan 2.5 menunjukkan variasi percobaan simulasi dengan matriks orthogonal L16 (4^4)

Table 2.4 Data percobaan dan variasi faktor optimalisasi cycle time

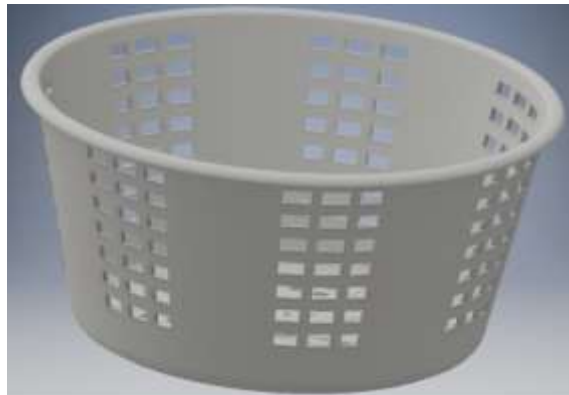
Trial	Faktor			
	A	B	C	D
1	0,72	30	200	1
2	0,72	45	225	3
3	0,72	60	250	5
4	0,72	75	275	7
5	1,25	30	225	5
6	1,25	45	200	7
7	1,25	60	275	1
8	1,25	75	250	3
9	1,78	30	250	7
10	1,78	45	275	5
11	1,78	60	200	3
12	1,78	75	225	1
13	2,31	30	275	3
14	2,31	45	250	1
15	2,31	60	225	7
16	2,31	75	200	5

Table 2.5 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

2.7 Produk penelitian

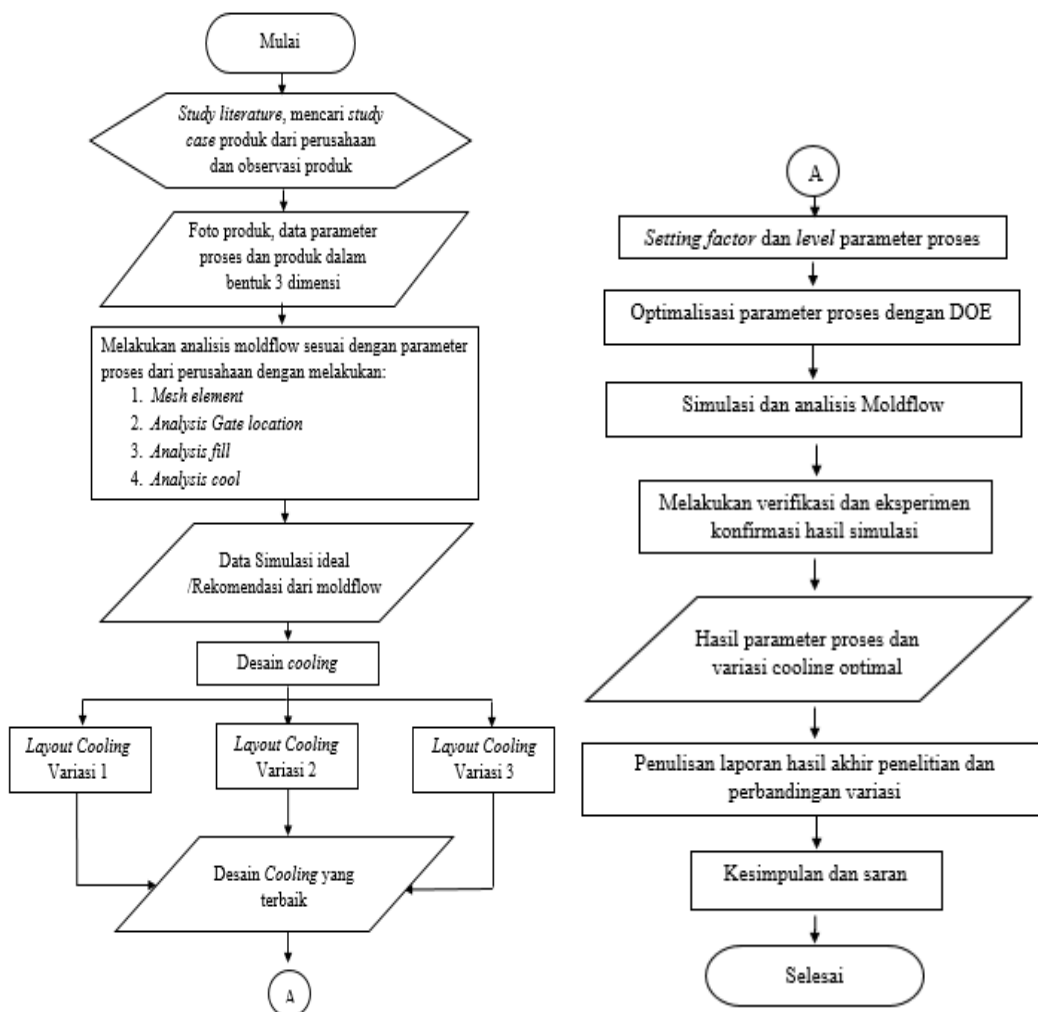
Produk penelitian ini adalah tempat nasi (*wakul*). Produk ini menggunakan bahan *polypropylene*. Bentuk 3 dimensi dari produk ini ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Produk tempat nasi

2.8 Diagram Alir

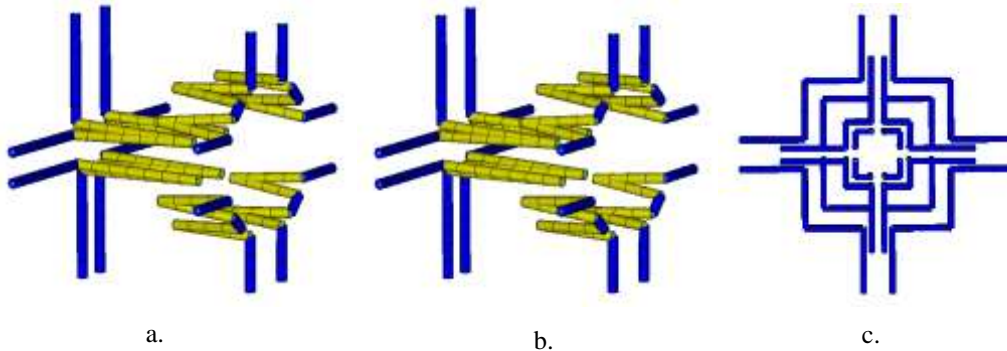
Gambar 2 berikut adalah diagram alir yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2..1 Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rekomendasi *Layout Cooling*



Gambar 3.1 *Layout cooling* a. *Baffle*, b. *Bubbler*, c. *Conformal*

3.2 *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.

3.3 Hasil simulasi optimalisasi *cycle time*

Setelah dilakukan simulasi, hasil optimalisasi *cycle time* dilihat pada bagian *log software* moldflow. Gambar 3.2 menunjukkan salah satu *log* simulasi yang terdapat waktu spesifiknya dan Tabel 3.1 menunjukkan hasil dari seluruh percobaan optimalisasi *cycle time*.

```

Process parameters :
-----
Fill time = 1.1400 s
Stroke volume determination = Automatic
Cycle time = 24.5842 s

Velocity/pressure switch-over by = Automatic
Packing/holding time = 6.1800 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
    
```

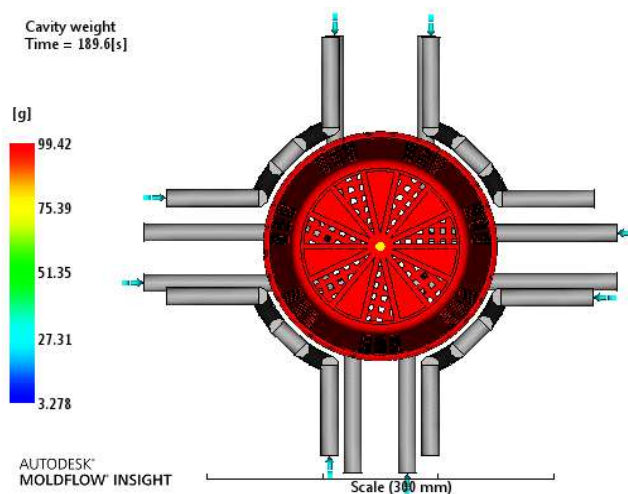
Gambar 3.2 Log simulasi *cycle time*

Table 3.1 Hasil percobaan simulasi cycle time

Trial	Faktor				Hasil Cycle Time
	A	B	C	D	
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

3.4 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 ke dalam material telah sempurna. Gambar 3.3 menunjukkan salah satu hasil simulasi optimalisasi *short shot* berdasarkan *cavity weight* dan Tabel 3.2 menunjukkan hasil dari seluruh percobaan.



Gambar 3.3 Cavity weight produk

Table 3.2 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

3.5 Perhitungan S/N Ratio

Penelitian ini menggunakan *S/N ratio smaller the better cycle time* (STB) untuk optimalisasi *cycle time* dan *larger the better* (LTB) untuk optimalisasi *short shot*. Perhitungan pada optimalisasi *cycle time* menggunakan rumus *S/N ratio* seperti pada persamaan (1). Pada optimalisasi *short shot* menggunakan rumus *S/N ratio* pada persamaan (2). Setelah dilakukan perhitungan, data tersebut dimasukkan ke Tabel 3.2 untuk optimalisasi *cycle time* dan Tabel 3.3 untuk optimalisasi *short shot*.

3.6 Hasil analisis S/N Ratio

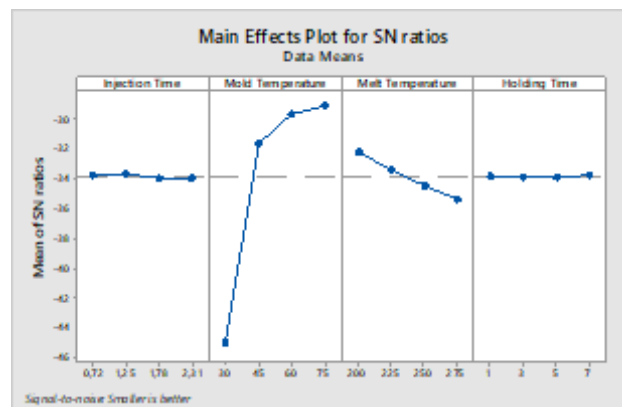
Setelah melakukan perhitungan *S/N ratio*, didapatkan respon tabel yang ditunjukkan pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4. Respon tabel ini menunjukkan hubungan antara parameter dan levelnya yang memberikan *noise* terbesar atau terkecil. Bagian tabel yang diblok berwarna adalah level parameter yang paling berpengaruh pada setiap optimalisasi.

Table 3.3 Respon tabel optimalisasi *cycle time*

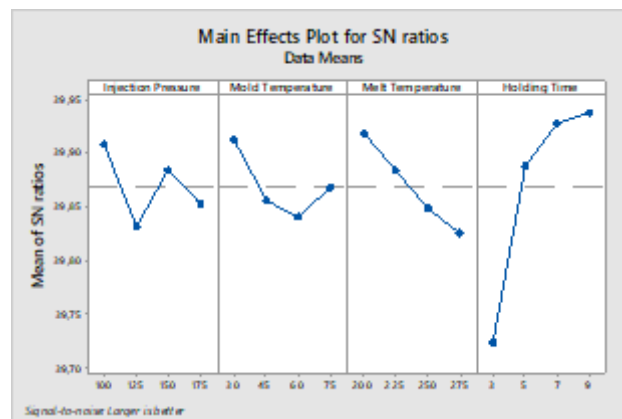
Level	Injection Time	Mold Temperature	Melt Temperature	Holding Time
1	-33,69	-45,00	-32,14	-33,78
2	-33,67	-31,59	-33,38	-33,88
3	-33,97	-29,64	-34,42	-33,90
4	-33,95	-29,04	-35,34	-33,73
Delta	0,30	15,96	3,20	0,17
Rank	3	1	2	4

Tabel 3.4 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 3.4 Grafik S/N Ratio optimalisasi *cycle time*



Gambar 3.5 Grafik S/N Ratio optimalisasi *short shot*

Grafik *mean effects plot* seperti pada Gambar 3.4 dan 3.5 diperoleh dari respon tabel. Gambar 6 menunjukan bahwa kombinasi level dan parameter optimalisasi *cycle time* adalah *injection time* level 2 (1,25 detik), *mold temperature* (75 °C), *melt temperature* (200 °C), *holding time* (7 detik). Pada Gambar 7, kombinasi level dan parameter optimalisasi *short shot* adalah *injection pressure* (100 MPa), *mold temperature* (30 °C), *melt temperature* (200 °C), *holding time* (9 detik).

3.7 Perhitungan ANOVA

Perhitungan ANOVA menggunakan rumus seperti pada Tabel 2.1 pada optimalisasi *cycle time*. Perhitungan ANOVA untuk optimalisasi *short shot* sama seperti perhitungan pada optimalisasi *cycle time*. Hasil dari perhitungan tersebut dimasukkan ke dalam Tabel 3.5 dan 3.6 yang selanjutnya dianalisis.

3.8 Hasil ANOVA

Hasil perhitungan ANOVA dimasukkan ke dalam tabel kontribusi parameter. Persentase kontribusi parameter proses pada optimalisasi *cycle time* seperti Tabel 3.5 menunjukkan bahwa parameter proses yang paling berkontribusi adalah *mold temperature*. Parameter terendah adalah *holding time*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jika ingin mengoptimalkan *cycle time*, parameter yang harus diperbaiki adalah *mold temperature* saat proses injeksi berlangsung.

Tabel 3.5 Persentase kontribusi parameter untuk optimalisasi *cycle time*

Source	Df	Sq	Mq	F-Ratio	Sq'	ρ %
<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 3.6 menunjukkan bahwa parameter proses yang berpengaruh adalah *holding time*. Pada optimalisasi *short shot*, parameter lain cukup berpengaruh, tetapi tidak terlalu besar jika dilihat berdasarkan persentasenya.

Tabel 3.6 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

3.9 Eksperimen Konfirmasi

Perhitungan eksperimen konfirmasi optimalisasi *cycle time* dilakukan menggunakan persamaan (3) untuk μ prediksi dan (4) untuk *Confidence Interval* (CI). Salah satu hasil eksperimen konfirmasi pada optimalisasi *cycle time* adalah sebagai berikut. Nilai μ prediksi untuk optimalisasi *cycle time* adalah 13,38 detik. *Confidence Interval* (CI) untuk optimalisasi *cycle time* adalah $\pm 13,26$ sehingga *range* prediksi dari eksperimen konfirmasi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mu \text{ Prediksi} - \text{CI} &\leq \mu \text{ Prediksi} \leq \mu \text{ Prediksi} + \text{CI} \\ 13,38 - 13,26 &\leq 13,38 \leq 13,38 + 13,26 \\ 0,12 &\leq 13,26 \leq 26,64 \end{aligned}$$

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

3.10 Hasil parameter optimum

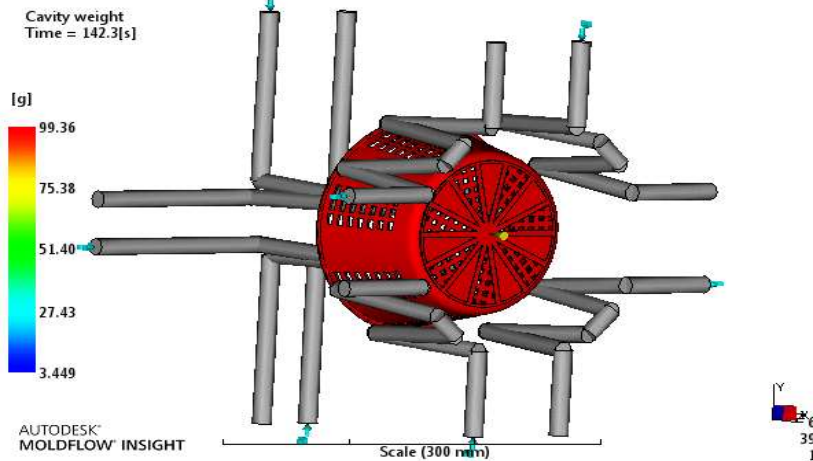
Hasil simulasi eksperimen konfirmasi pada Gambar 3.6 dan 3.7 menunjukkan bahwa nilai yang didapat masih dalam *range* prediksi. *Cycle time* menunjukkan hasil terbaik dengan 23,88 detik. Pada optimalisasi *short shot*, hasil terbaik didapatkan berat produk sebesar 99,36 gram. Hasil tersebut didapatkan dengan kombinasi parameter proses pada Tabel 3.7 dan Tabel 3.8.

```

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 3.6 Hasil simulasi eksperimen konfirmasi *cycle time*



Gambar 3.7 Hasil simulasi eksperimen konfirmasi *short shot*

Tabel 3.7 Kombinasi level dan parameter proses optimum eksperimen konfirmasi untuk optimaslisasi *cycle time*

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

Tabel 3.8 Kombinasi level dan parameter proses optimum eksperimen konfirmasi untuk optimisasi *short shot*

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

4. 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. Proses optimalisasi *short shot* menghasilkan 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, dan *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

- [1] Ilmawati, C., Reza, M., Rahmatini dan Rustam E. 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. 2017; 1: 20-28
- [2] Soejanto, I. "Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi". Yogyakarta: Graha Ilmu. 2009.
- [3] Chauhan, N. S., & Ahmad, S. Optimizing Cycle Time of Dvd-R Injection Moulding Machine. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 2012; 4: 1982-1990.
- [4] Goodship V. *Practical Guide To Injection Molding*. Rapra Technology Limited. 2004.
- [5] Mehdi Moayyedean, Kazem Abhary, Romeo Marian. Gate design and filling process analysis of the cavity in injection molding process[J]. *Advances in Manufacturing*, 2016, 4(2): 123-133