

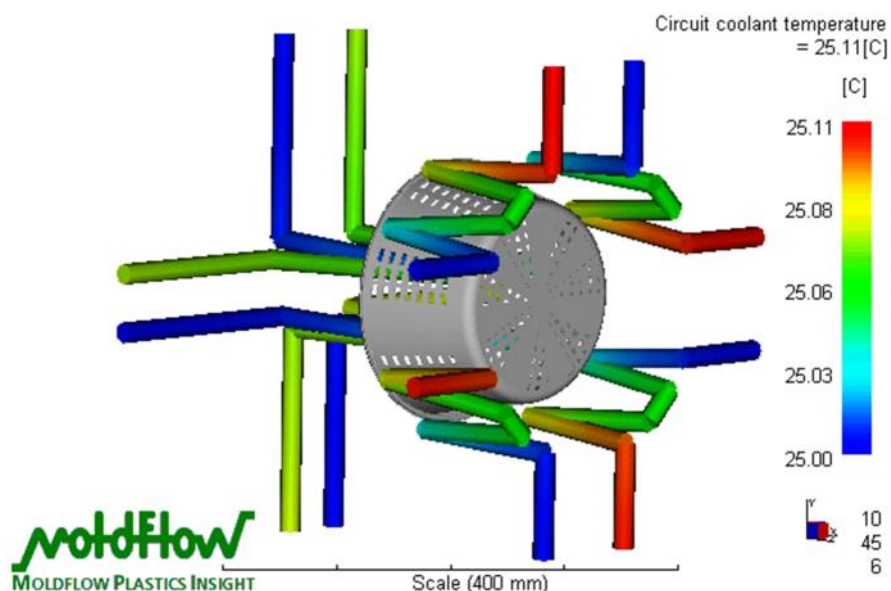
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan perbandingan analisis *layout cooling*

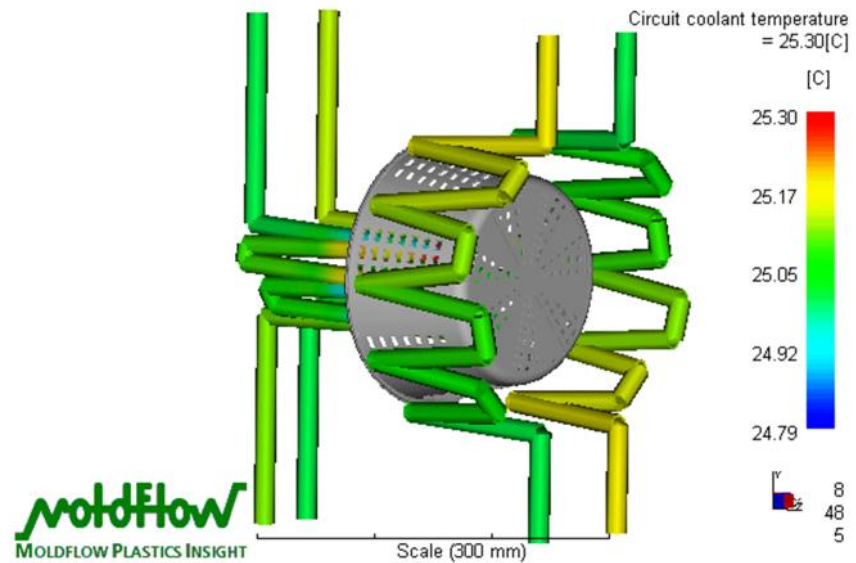
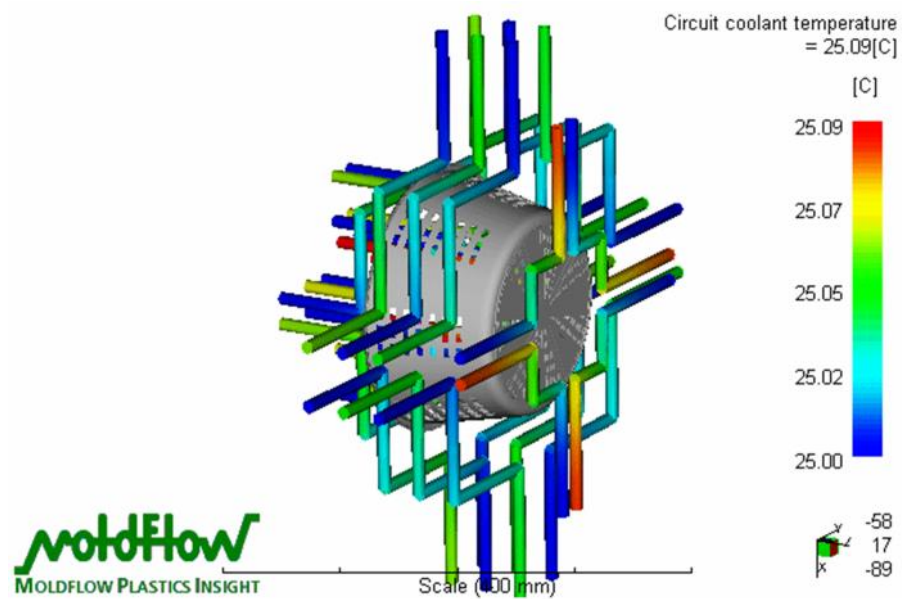
Berdasarkan pemilihan desain cooling untuk produk tempat nasi (*wakul*) ini yaitu variasi 1 *baffle*, variasi 2 *bubbler*, variasi 3 *conformal*. Berikut ini adalah perbandingan analisis dari berbagai desain *cooling* yang akan digunakan.

A. *Circuit coolant temperature*

Analisis *circuit coolant temperature* ini menunjukkan suhu yang terjadi pada sistem *cooling* yang digunakan saat proses injeksi. Pada Gambar 4.1 menunjukkan hasil analisis pada *cooling baffle* dimana pada saluran *inlet* suhunya adalah 25 °C dan kemudian menuju *outlet* semakin tinggi hingga mencapai suhu 25,11 °C. Pada *cooling bubbler* Gambar 4.2 suhu pada *inlet* 24,79 °C dan pada *outlet* mencapai 25,30 °C. Suhu *inlet* pada pada Gambar 4.3 *cooling conformal* 25 °C dan pada *outlet* memiliki suhu yang paling rendah diantara variasi lainnya yaitu 25,09 °C.

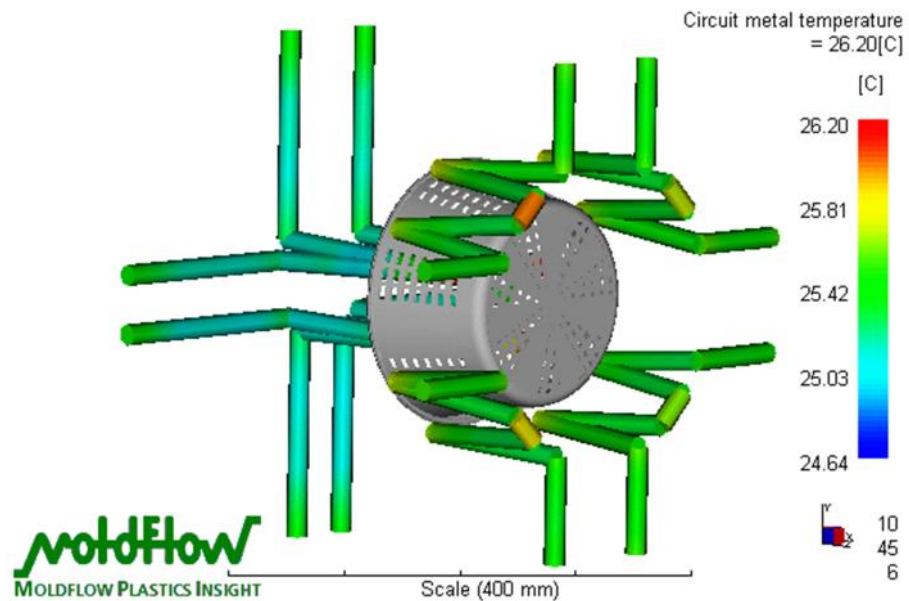


Gambar 4.1 *Cooling Baffle*

Gambar 4.2 *Cooling Bubbler*Gambar 4.3 *Cooling Conformal*

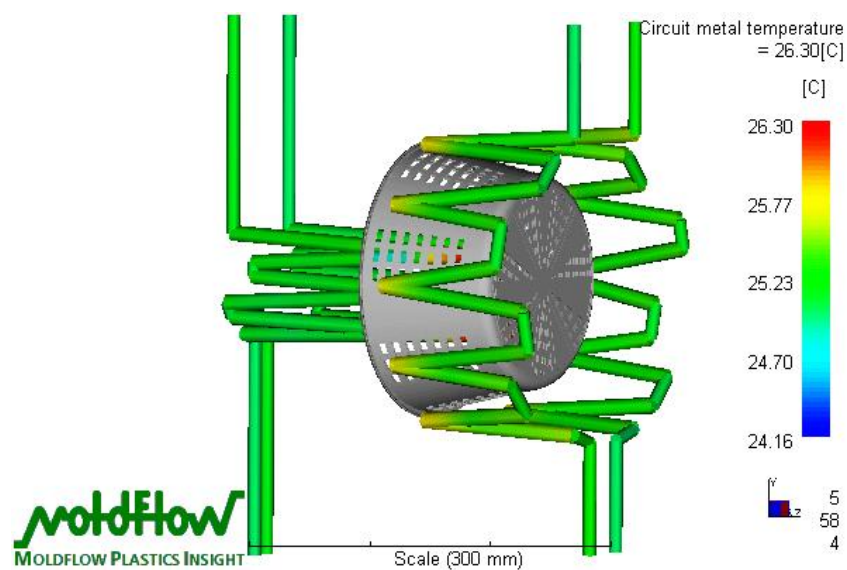
B. *Circuit metal temperature*

Pada analisis *circuit metal temperature* bertujuan untuk menunjukkan suhu pada *circuit cooling* saat proses pendinginan berlangsung. Gambar 4.4 menunjukkan suhu tertinggi mencapai 26,20 °C.

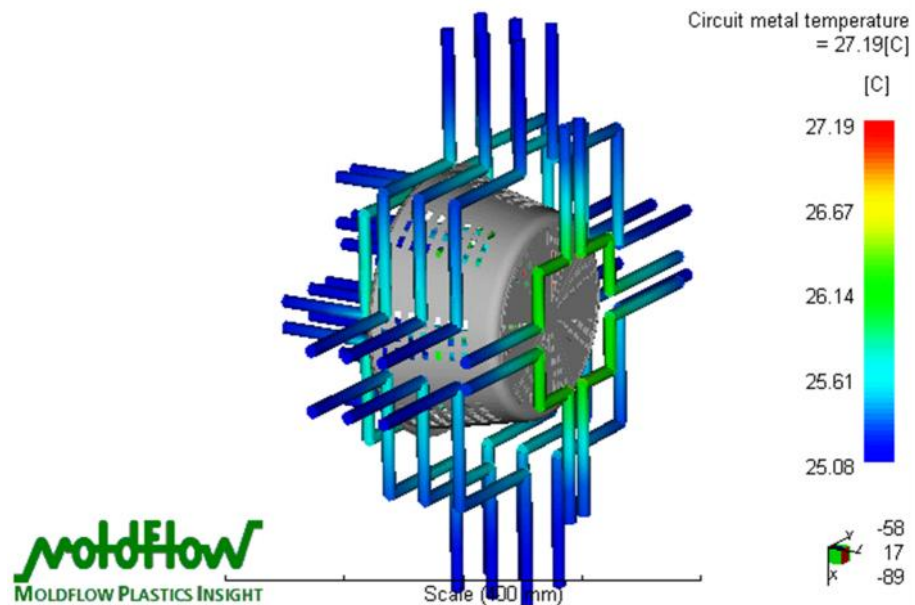


Gambar 4.4 *Cooling Baffle*

Pada Gambar 4.5 *cooling bubbler* suhu *circuit cooling* mencapai 26,30 °C yang merupakan suhu tertinggi diantara variasi lainnya. Variasi *cooling conformal* seperti pada Gambar 4.6 menunjukkan suhu tertingginya pada 27,19 °C. Suhu yang paling rendah adalah yang terbaik dan sebaiknya digunakan sebagai *layout cooling* untuk mendinginkan produk ini.



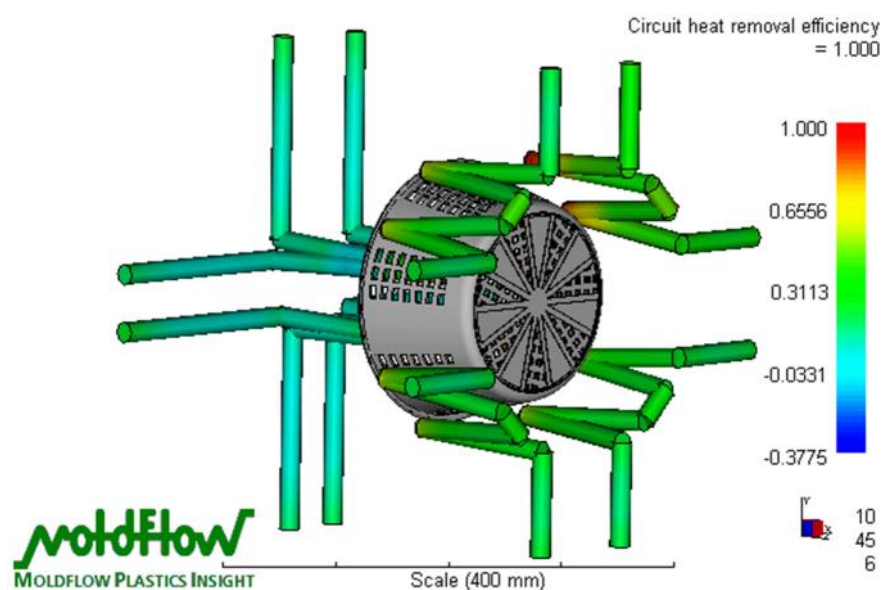
Gambar 4.5 *Cooling Bubbler*



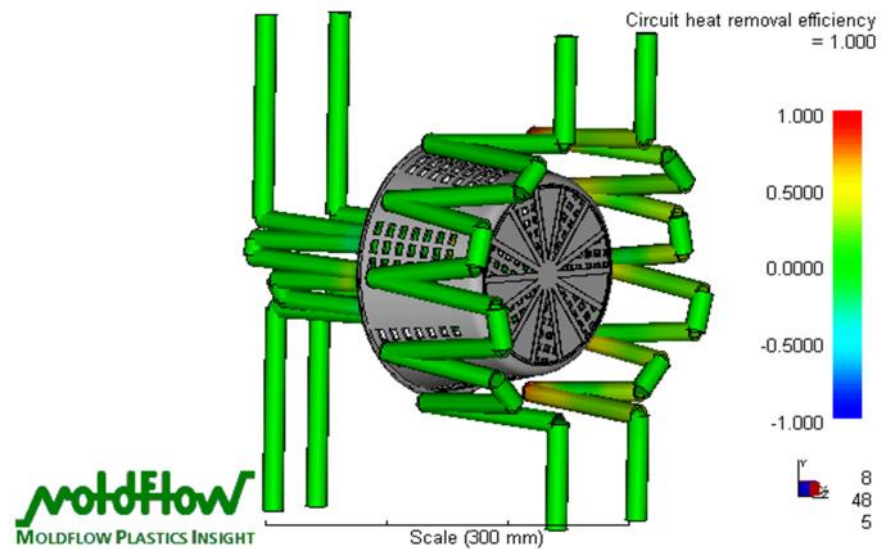
Gambar 4.6 Cooling Conformal

C. Circuit heat removal efficiency

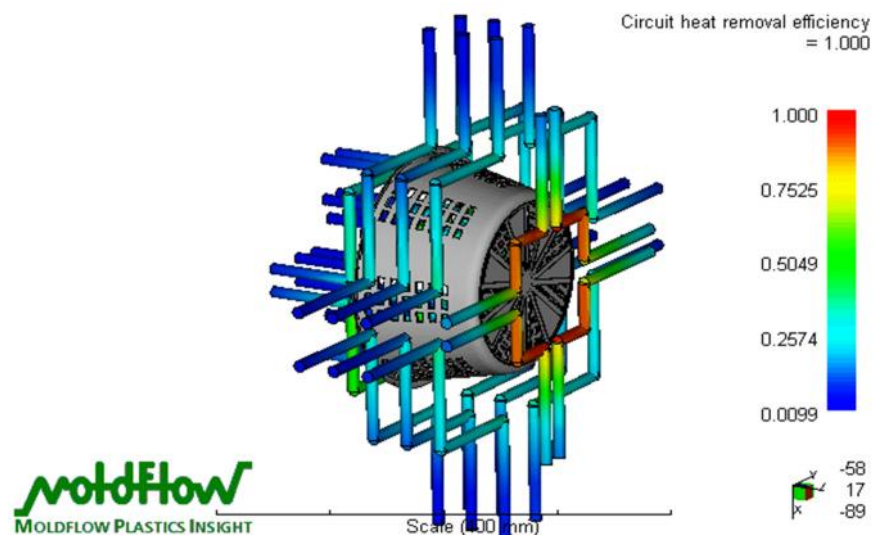
Analisis *circuit heat removal efficiency* adalah analisis yang menunjukkan efisiensi *cooling* untuk menyerap panas saat proses injeksi berlangsung. Pada Gambar 4.7 *cooling baffle* menunjukkan efisiensi penyerapan panas -0,3775, -0,0331, 0,3113, 0,6556. Warna biru menunjukkan efisiensi minimum hingga berwarna merah menunjukkan efisiensi maksimal.



Gambar 4.7 Cooling Baffle

Gambar 4.8 *Cooling Bubbler*

Variasi *bubbler* pada Gambar 4.8 menunjukkan efisiensi penyerapan panas terendah dari -1,0, -0,5, 0, 0,5. Pada Gambar 4.9 *cooling conformal* menunjukkan efisiensi penyerapan panas tertinggi dari 0,099, 0,2574, 0,5049, 0,7525. Proses penyerapan panas pada suhu tinggi menunjukkan bahwa *cooling* tersebut dapat menyerap panas lebih maksimal.

Gambar 4.9 *Cooling Conformal*

Berdasarkan hasil analisis diatas maka didapatkan data perbandingan *cooling* pada Tabel 4.1 berikut. Tipe *cooling* yang dipilih adalah tipe *baffle* karena hasilnya yang tidak terlalu jauh dan karena pertimbangan bentuk *cooling* yang sudah ada dan dimodifikasi agar lebih baik.

Tabel 4.1 Data hasil perbandingan tipe *cooling*

No.	Analisis	Variasi 1 <i>Baffle</i>	Variasi 2 <i>Bubbler</i>	Variasi 3 <i>Conformal</i>
1.	<i>Circuit coolant temperature</i>	25,11 °C	25,30 °C	25,09 °C
2.	<i>Circuit metal temperature</i>	26,20 °C	26,30 °C	27,19 °C
3.	<i>Circuit heat removal efficiency</i>	0,6556	0,5	0,7525

4.2 *Setting factor dan level parameter proses*

Pada simulasi *molding window (initial condition)* telah didapatkan beberapa parameter proses yang direkomendasikan oleh moldflow. Parameter proses yang didapat harus disesuaikan dengan hasil yang ingin dicapai. Pada Tabel 4.2 menunjukkan parameter proses yang direkomendasikan oleh moldflow.

Tabel 4.2 Parameter proses rekomendasi moldflow

<i>Melt Temperature</i>	230 °C
<i>Mold Temperature</i>	30 °C
<i>Injection+Packing+Cooling Time</i>	(Automatic)
<i>Filling Control</i>	(Injection Time) 1,2 sec
<i>Velocity/Pressure Switchover</i>	(Automatic)
<i>Holding Pressure</i>	100 MPa
<i>Injection Molding Machine</i>	150 Ton

Berdasarkan rekomendasi parameter proses tersebut terdapat beberapa parameter yang tidak didapatkan. Parameter proses yang tidak didapatkan diganti dengan rekomendasi berdasarkan referensi literatur Goodship (2004) dan spesifikasi material yang digunakan. Pada Tabel 4.3 berikut adalah parameter lengkap yang digunakan untuk simulasi moldflow. Untuk setting faktor dan level parameter proses didapatkan dari *range* rekomendasi moldflow, rekomendasi literatur dan rekomendasi material yang digunakan. Penentuan faktor dan level parameter proses untuk optimalisasi *cycle time* dan *short shot* ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.3 Parameter proses untuk simulasi moldflow

<i>Melt Temperature</i>	230 °C	
<i>Mold Temperature</i>	30 °C	
<i>Mold Open Time</i>	2 sec.	
<i>Injection+Packing+Cooling Time</i>	(Automatic)	
<i>Filling Control</i>	(Injection Time) 1,2 sec	
<i>Velocity/Pressure Switchover</i>	(Automatic)	
<i>Pack/ Holding Control</i>	(Packing Pressure vs Time)	
	<i>Duration (s)</i>	<i>Packing Pressure (MPa)</i>
	0	100
	3	100
	3,1	0
<i>Injection Molding Machine</i>	150 Ton	

Penentuan faktor untuk optimalisasi *cycle time* didapatkan dari studi literatur jurnal Neeraj dkk (2012) yang menyatakan bahwa parameter proses yang mempengaruhi *cycle time* adalah 4 faktor yang ada pada Tabel 4.4. Pada penentuan level *injection time*, *mold temperature* dan *mold temperature* berdasarkan *range* rekomendasi *molding window* di moldflow. Level *holding time* ditentukan berdasarkan literatur Goodship (2004).

Tabel 4.4 Setting faktor dan level parameter proses optimalisasi *cycle time*

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

Tabel 4.5 *Setting* faktor dan level parameter proses optimalisasi *short shot*

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

Penentuan faktor untuk optimalisasi *short shot* didapatkan dari studi literatur jurnal BASF (2016) dan Mehdi dkk (2016) yang menyebutkan bahwa beberapa parameter proses yang menentukan terjadinya *short shot* adalah 4 parameter faktor yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Level dari *melt temperature* dan *mold temperature* didapatkan berdasarkan *range* rekomendasi dari *molding window* di moldflow. Pada penentuan level *injection pressure* dan *holding time* didapatkan dari rekomendasi jurnal Goodship (2004).

4.3 *Desain of experiment (DOE)* dengan metode taguchi

Desain of experiment digunakan untuk menentukan kombinasi antara faktor dan level yang telah ditentukan. Software minitab digunakan untuk mengolah data faktor dan level dengan menggunakan metode *taguchi*. Pada penelitian ini menggunakan pengacakan faktor dan level dengan matriks *orthogonal* L16 (4^4). Dengan menggunakan matriks *orthogonal* L16 (4^4) maka percobaan yang akan dilakukan adalah sebanyak 16 percobaan dan 4 level dengan nilai rata-rata awal sebagai nilai awal pada masing-masing respon. Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 menunjukkan data percobaan dan faktor dengan metode taguchi yang akan disimulasikan untuk optimalisasi *cycle time* dan optimalisasi *short shot*.

Tabel 4.6 Data percobaan dan faktor dengan metode *taguchi* untuk optimalisasi *cycle time*

Percobaan	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 4.7 Data percobaan dan faktor dengan metode *taguchi* untuk optimalisasi *short shot*

Percobaan	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

4.4 Hasil percobaan simulasi moldflow

Hasil percobaan simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *cycle time* yang didapat menjadi lebih kecil. Perbandingan dari *log* hasil percobaan dengan simulasi *initial condition* ditunjukkan pada gambar 4.10 dan 4.11. Hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan mengubah parameter prosesnya.

```

Process parameters :
-----
Fill time = 1.2000 s
Stroke volume determination = Automatic
Cycle time = 172.5920 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
163.2920 s 0.0000 MPa
Ambient temperature = 25.0000 C
Melt temperature = 230.0000 C
Ideal cavity-side mold temperature = 30.0000 C
Ideal core-side mold temperature = 30.0000 C

```

NOTE: Using mold wall temperature data from cooling analysis

Gambar 4.10 Log simulasi *initial condition*

```

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

```

NOTE: Using mold wall temperature data from Cool analysis

Gambar 4.11 Log simulasi percobaan 6

Tabel 4.8 Hasil simulasi optimalisasi *cycle time*

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

Tabel 4.9 Hasil simulasi optimalisasi *short shot*

Percobaan	Faktor				Parameter				Hasil
	<i>Injection Pressure</i>	<i>Mold Tempearture</i>	<i>Melt Temperature</i>	<i>Holding Time</i>	<i>Injection Pressure</i>	<i>Mold Tempearture</i>	<i>Melt Temperature</i>	<i>Holding Time</i>	<i>Short Shot (gram)</i>
1	1	1	1	1	100	30	200	3	98,68
2	1	2	2	2	100	45	225	5	98,89
3	1	3	3	3	100	60	250	7	99,07
4	1	4	4	4	100	75	275	9	99,17
5	2	1	2	3	125	30	225	7	99,33
6	2	2	1	4	125	45	200	9	99,27
7	2	3	4	1	125	60	275	3	95,38
8	2	4	3	2	125	75	250	5	98,39
9	3	1	3	4	150	30	250	9	99,36
10	3	2	4	3	150	45	275	7	99,01
11	3	3	1	2	150	60	200	5	99,08
12	3	4	2	1	150	75	225	3	97,19
13	4	1	4	2	175	30	275	5	98,54
14	4	2	3	1	175	45	250	3	96,26
15	4	3	2	4	175	60	225	9	99,28
16	4	4	1	3	175	75	200	7	99,24

Tabel 4.8 menunjukkan hasil simulasi optimalisasi yang telah dilakukan dengan 16 percobaan dan 4 faktor yang telah diacak dengan menggunakan metode *taguchi* L16 (4^4). Pada tabel tersebut menunjukkan dari 16 percobaan didapatkan hasil *cycle time* yang berbeda. Hasil yang terbaik ditunjukkan pada percobaan ke 16 dengan parameter proses *injection time* sebesar 2,3 detik, *mold temperature* 75 ($^{\circ}\text{C}$), *melt temperature* 200 ($^{\circ}\text{C}$), *holding time* 5 detik. Pada percobaan ke 6 dengan kombinasi parameter tersebut menghasilkan *cycle time* sebesar 23,88 detik. Hasil tersebut jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan simulasi *initial condition* dimana *cycle time* yang didapat selama 172,59 detik. *Cycle time* yang lebih rendah akan menyebabkan biaya produksi yang semakin murah dan pembuatan produk menjadi lebih banyak.

Pada Tabel 4.9 menunjukkan hasil simulasi optimalisasi dengan 16 percobaan, 4 faktor dan pengacakan metode *taguchi* L16 (4^4). Pengukuran kualitas terbaik untuk optimalisasi *short shot* pada penelitian ini adalah dengan mengukur berat dari produk yang dihasilkan atau pada *software* autodesk moldflow biasa disebut *cavity weight*. Berat produk yang ringan menunjukkan bahwa kepadatan material pada produk tersebut lebih rendah sehingga material yang masuk kedalam cetakan belum terisi secara sempurna. Pada produk yang lebih berat kepadatan yang didapatkan produk tentunya lebih tinggi sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa produk yang lebih berat sudah terisi secara sempurna.

Hasil simulasi optimalisasi *short shot* dengan 16 percobaan berikut menunjukkan bahwa berat produk yang paling tinggi adalah pada percobaan ke 9 yaitu dengan parameter proses *injection pressure* 150 MPa, *mold temperature* 30 ($^{\circ}\text{C}$), *melt temperature* 250 ($^{\circ}\text{C}$) dan *holding time* 9 detik. Dengan menggunakan kombinasi parameter tersebut didapatkan berat produk sebesar 99,36 gram. Hasil tersebut lebih berat jika dibandingkan dengan berat produk awal berdasarkan analisis inventor adalah sebesar 99 gram.

4.5 Analisis S/N Ratio

Percobaan simulasi yang telah dilakukan kemudian digunakan untuk perhitungan *S/N Ratio*. Perhitungan *S/N Ratio* dapat dihitung dengan cara manual. Penelitian ini menggunakan perhitungan secara manual dan menggunakan *software* minitab untuk memastikan hasil responnya. Pada optimalisasi parameter proses untuk mereduksi *cycle time* dipilih metode *S/N Ratio small is the best*. Metode *S/N Ratio* ini adalah metode yang mengukur karakteristik kualitas dimana hasil yang paling rendah adalah yang terbaik. Pemilihan metode *small is the best* karena penilaian *cycle time* terbaik adalah yang nilainya paling rendah, yang mana sesuai dengan konsep metode tersebut.

A. Perhitungan *S/N Ratio* optimalisasi *cycle time*

Diketahui :

$$n : 16$$

$$y_i : 144,26 \text{ detik}$$

Ditanya :

$$s_s : \dots\dots?$$

$$\text{S/N Ratio untuk level 1 pada faktor } injection \text{ time} : \dots\dots?$$

Jawab :

$$a. \quad s_s = -10 L \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]$$

$$s_s = -10 L \left[\frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} 144,26^2 \right]$$

$$= -43,18$$

$$b. \quad \text{Level 1} = \frac{((-4,1) + (-3,0) + (-3,1) + (-3,3))}{4}$$

$$= -33,69$$

Perhitungan diatas merupakan contoh perhitungan *S/N Ratio small is the best* untuk level 1 dan perhitungan respon *S/N Ratio* pada level 1 dengan faktor *injection time*. Perhitungan untuk level dan faktor selanjutnya sama seperti perhitungan diatas dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Nilai *S/N Ratio* untuk optimalisasi *cycle time*

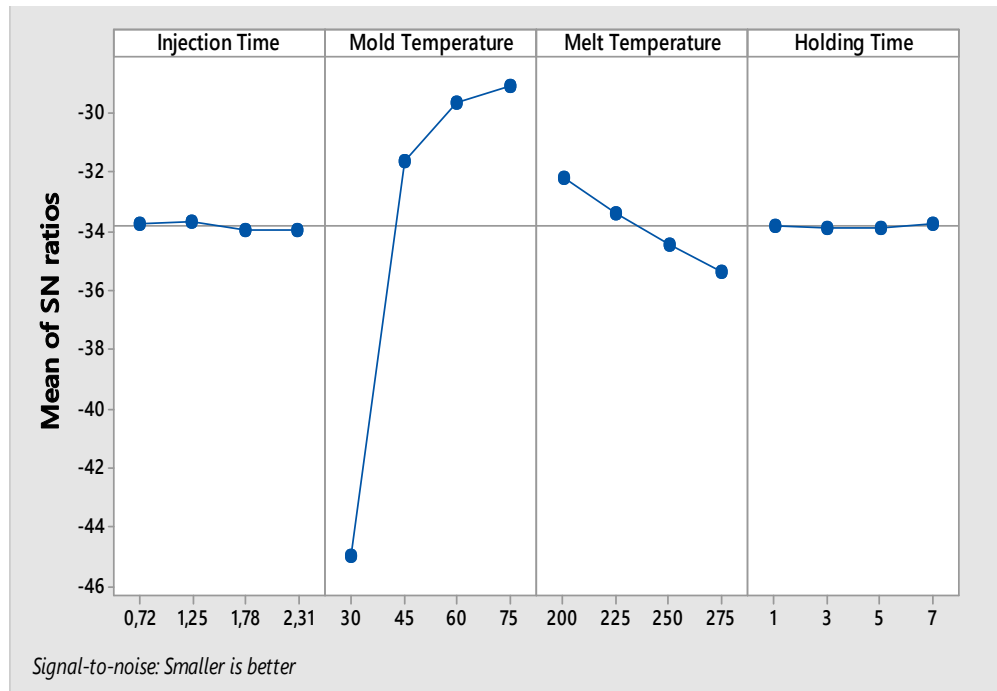
Percobaan	Faktor				Cycle Time (s)	S/N Ratio untuk Cycle Time
	Injection Time	Mold Temperature	Melt Temperature	Holding Time		
1	0,72	30	200	1	144,26	-43,18
2	0,72	45	225	3	35,75	-31,06
3	0,72	60	250	5	32,25	-30,17
4	0,72	75	275	7	32,96	-30,35
5	1,25	30	225	5	167,87	-44,49
6	1,25	45	200	7	30,35	-29,64
7	1,25	60	275	1	35,3	-30,95
8	1,25	75	250	3	30,13	-29,57
9	1,78	30	250	7	191,6	-45,64
10	1,78	45	275	5	46,61	-33,36
11	1,78	60	200	3	25,64	-28,17
12	1,78	75	225	1	27,15	-28,67
13	2,31	30	275	3	215,79	-46,68
14	2,31	45	250	1	41,16	-32,28
15	2,31	60	225	7	29,05	-29,26
16	2,31	75	200	5	23,88	-27,56

Tabel 4.11 Tabel respon S/N Ratio 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

Berdasarkan Tabel 4.11 respon *S/N Ratio* untuk optimalisasi telah didapatkan dari pengacakan level parameter proses yang menunjukkan *noise* terbesar. Respon *S/N Ratio* yang paling optimal menunjukkan parameter proses *injection time* pada level 2 (1,25 detik), *mold temperature* level 4 (75°C), *melt temperature* level 1 (200 °C) dan *holding time* pada level 4 (7 detik). *Main plot effect S/N Ratio* untuk optimalisasi *cycle time* ditunjukkan

pada Gambar 4.12 dimana nilai terrendah didapat pada parameter proses *mold temperature* sebesar (-45,00) yang menunjukkan parameter tersebut paling berpengaruh terhadap *cycle time*.



Gambar 4.12 Main effect plot S/N Ratio optimalisasi *cycle time*

B. Perhitungan S/N Ratio optimalisasi *short shot*

Perhitungan S/N Ratio untuk optimalisasi *short shot* dipilih dengan metode *larger the better*. Pemilihan metode tersebut karena metode ini dapat menunjukkan karakteristik nilai terbesar adalah yang terbaik. *Larger the better* sesuai dengan optimalisasi *short shot* dimana penilaian *short shot* dipilih berdasarkan *cavity weight* yang terbesar.

Diketahui :

n : 16

y_i : 98,68 gram

Ditanya :

S_L :?

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

Jawab :

$$\begin{aligned}
 \text{a. } S_L &= -10 L \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \\
 S_L &= -10 L \left[\frac{1}{1} \sum_{i=1}^n \frac{1}{9,6^2} \right] \\
 &= 39,88 \\
 \text{b. Level 1} &= \frac{(3,8 + 3,9 + 3,9)}{4} \\
 &= 39,91
 \end{aligned}$$

Perhitungan S/N Ratio untuk optimalisasi *short shot* pada level selanjutnya sama seperti level 1 diatas. Hasil perhitungan S/N Ratio untuk seluruh level untuk optimalisasi *short shot* ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Nilai S/N Ratio untuk optimalisasi *Short Shot*

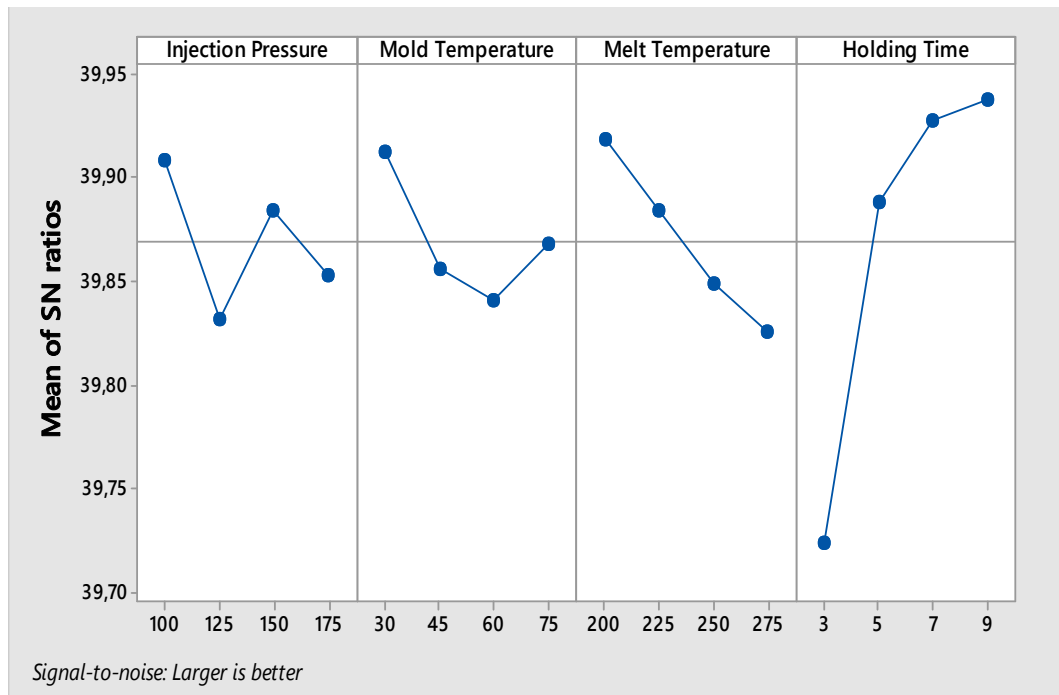
Percobaan	Faktor				Short Shot (gram)	S/N Ratio untuk Short Shot
	Injection Pressure	Mold Temperature	Melt Temperature	Holding Time		
1	100	30	200	3	98,68	39,88
2	100	45	225	5	98,89	39,90
3	100	60	250	7	99,07	39,91
4	100	75	275	9	99,17	39,93
5	125	30	225	7	99,33	39,94
6	125	45	200	9	99,27	39,94
7	125	60	275	3	95,38	39,58
8	125	75	250	5	98,39	39,86
9	150	30	250	9	99,36	39,94
10	150	45	275	7	99,01	39,91
11	150	60	200	5	99,08	39,92
12	150	75	225	3	97,19	39,75
13	175	30	275	5	98,54	39,87
14	175	45	250	3	96,26	39,67
15	175	60	225	9	99,28	39,94
16	175	75	200	7	99,24	39,93

Tabel 4.13 Tabel respon S/N Ratio optimalisasi *Short Shot*

Level	<i>Injection Pressure</i>	<i>Mold Temperature</i>	<i>Melt Temperature</i>	<i>Holding Time</i>
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

Respon S/N Ratio optimalisasi *short shot* ditunjukkan pada Tabel 4.13 berikut. Tabel 4.13 menunjukkan bahwa nilai terbesar yang mempengaruhi optimalisasi *short shot* adalah pada parameter *holding time* yaitu sebesar 39,36. Berdasarkan Tabel 4.13 berikut menunjukkan parameter yang paling optimal *injection pressure* pada level 1 (100 MPa), *mold temperature* level 1 (30 °C), *melt temperature* level 1 (200 °C) dan *holding time* pada level 4 (9 detik).

Main effect plot S/N ratio optimalisasi *short shot* ditunjukkan pada Gambar 4.13. Gambar 4.13 berikut menunjukkan grafik representasi data dari hasil percobaan simulasi dimana hasil tertinggi pada parameter *holding time*. Nilai tertinggi dari plot tersebut menunjukkan bahwa parameter tersebut merupakan parameter yang paling berpengaruh pada optimalisasi *short shot*.



Gambar 4.13 Main effect plot S/N Ratio optimalisasi short shot

4.6 Analysis of variance (ANOVA)

Analysis of variance digunakan pada penelitian ini untuk mengukur besarnya kontribusi dari suatu parameter proses yang digunakan. ANOVA memiliki klasifikasi yang dapat dihitung seperti ST , M_A , S_m , S_A , S_e , F-Ratio, Sq'_A , %. Berikut ini adalah perhitungan ANOVA untuk optimalisasi *cycle time*.

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)

$$\begin{aligned} S_m &= n \times y^2 \\ &= 16 \times 63,36^2 = 76971,57 \end{aligned}$$

3. Jumlah derajat kebebasan (Df, Df_e)

$$\begin{aligned} Df &= \text{level} - 1 \\ &= 4 - 1 = 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Df_e &= V_oA - \sum Df \\ &= N - 1 - \sum D \\ &= 16 - 1 - 12 = 3 \end{aligned}$$

4. Jumlah kuadrat factor (S_{qA} , S_{qB} , S_{qC} , S_{qD})

$$\begin{aligned} S_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} + \frac{A_3^2}{n_{A3}} + \frac{A_4^2}{n_{A4}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{2,2^2}{4} + \frac{2,6^2}{4} + \frac{2^2}{4} + \frac{3,8^2}{4} - \frac{1,7^2}{1} \\ &= 616,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_B &= \frac{B_1^2}{n_{A1}} + \frac{B_2^2}{n_{A2}} + \frac{B_3^2}{n_{A3}} + \frac{B_4^2}{n_{A4}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{7,5^2}{4} + \frac{1,8^2}{4} + \frac{1,2^2}{4} + \frac{1,1^2}{4} - \frac{1,7^2}{1} \\ &= 65366,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_C &= \frac{C_1^2}{n_{A1}} + \frac{C_2^2}{n_{A2}} + \frac{C_3^2}{n_{A3}} + \frac{C_4^2}{n_{A4}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{2,1^2}{4} + \frac{2,8^2}{4} + \frac{2,1^2}{4} + \frac{3,6^2}{4} - \frac{1,7^2}{1} \\ &= 1574,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_D &= \frac{D_1^2}{n_{A1}} + \frac{D_2^2}{n_{A2}} + \frac{D_3^2}{n_{A3}} + \frac{D_4^2}{n_{A4}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{2,8^2}{4} + \frac{3,3^2}{4} + \frac{2,6^2}{4} + \frac{2,9^2}{4} - \frac{1,7^2}{1} \\ &= 463,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_e &= S - S_m - S_A - S_B - S_C - S_D \\ &= 145422,011 - 76971,57 - 616,13 - 65366,18 - 1574,52 - 463,94 \\ &= 429,67 \end{aligned}$$

5. Jumlah kuadrat total sesungguhnya (St)

$$\begin{aligned} St &= S_A + S_B + S_C + S_D + S_e \\ &= 616,13 + 65366,18 + 1574,52 + 463,94 + 429,67 \\ &= 68450,44 \end{aligned}$$

6. Rata – rata jumlah kuadrat ($M_A + M_B + M_B + M_D + M_e$)

$$\begin{aligned} M_A &= \frac{S_A}{D_A} \\ &= \frac{6,1}{3} = 205,38 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= \frac{S_B}{D_B} \\ &= \frac{6,1}{3} = 21788,73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C &= \frac{S_C}{D_C} \\ &= \frac{1,5}{3} = 524,84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{S_D}{D_D} \\ &= \frac{4,9}{3} = 154,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_e &= \frac{S_e}{D_e} \\ &= \frac{4,6}{3} = 143,22 \end{aligned}$$

7. F-Ratio

$$\begin{aligned} \text{F-Ratio A} &= \frac{M_A}{M_e} \\ &= \frac{2,3}{1,2} = 1,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F-Ratio B} &= \frac{M_B}{M_e} \\ &= \frac{2,7}{1,2} = 152,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F-Ratio C} &= \frac{M_C}{M_e} \\ &= \frac{5,8}{1,2} = 3,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F-Ratio D} &= \frac{M_D}{M_e} \\ &= \frac{1,6}{1,2} = 1,08 \end{aligned}$$

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

$$Sq'_A = Sq_A - D \times M_e$$

$$= 616,13 - 3 \times (143,22) = 186,46$$

$$Sq'_B = Sq_B - D \times M_e$$

$$= 65366,18 - 3 \times (143,22) = 64936,51$$

$$Sq'_C = Sq_C - D \times M_e$$

$$= 1574,52 - 3 \times (143,22) = 1144,85$$

$$Sq'_D = Sq_D - D \times M_e$$

$$= 463,94 - 3 \times (143,22) = 34,27$$

$$Sq'_e = St - Sq'_A - Sq'_B - Sq'_C - Sq'_D$$

$$= 68450,44 - 186,46 - 64936,51 - 1144,85 - 34,27 = 2148,36$$

9. Persen kontribusi (%)

$$A = \frac{S'_A}{S} \times 100 = \frac{(1,4)}{6,4} \times 100 = 0,27 \%$$

$$B = \frac{S'_B}{S} \times 100 = \frac{(6,5)}{6,4} \times 100 = 94,87 \%$$

$$C = \frac{S'_C}{S} \times 100 = \frac{(1,8)}{6,4} \times 100 = 1,67 \%$$

$$D = \frac{S'_D}{S} \times 100 = \frac{(3,2)}{6,4} \times 100 = 0,05 \%$$

$$e = \frac{S'_e}{S} \times 100 = \frac{(2,3)}{6,4} \times 100 = 3,14 \%$$

Tabel 4.14 Persentase kontribusi parameter untuk optimalisasi *cycle time*

Source	Df	Sq	Mq	F-Ratio	Sq'	%
<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

Berdasarkan perhitungan ANOVA untuk optimalisasi *cycle time* yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.14 berikut didapatkan beberapa kesimpulan. Persen kontribusi pada Tabel 4.14 menunjukkan bahwa parameter proses *mold temperature* sangat berpengaruh untuk optimalisasi *cycle time* dengan nilai sebesar 94,87 %. Parameter proses yang tidak terlalu berpengaruh terhadap optimalisasi *cycle time* ini adalah parameter *holding time* yang ditunjukkan dengan nilai sebesar 0,05 %.

Berikut ini adalah perhitungan ANOVA untuk optimalisasi *short shot*

1. Jumlah kuadrat total (ST)

$$\begin{aligned} ST &= \sum y^2 \\ &= (98,68^2 + 98,89^2 + 99,07^2 + 99,17^2 + 99,33^2 + 99,27^2 + 95,38^2 + \\ &\quad 98,39^2 + 99,36^2 + 99,01^2 + 99,08^2 + 97,19^2 + 98,54^2 + 96,26^2 + \\ &\quad 99,28^2 + 99,24^2) \\ &= 155284,8 \end{aligned}$$

2. Jumlah kuadrat mean (S_m)

$$\begin{aligned} S_m &= n \times \bar{y}^2 \\ &= 16 \times 98,51^2 = 155263,6 \end{aligned}$$

3. Jumlah derajat kebebasan (Df, Df_e)

$$\begin{aligned} Df &= \text{level} - 1 \\ &= 4 - 1 = 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Df_e &= VoA - \sum Df \\ &= N - 1 - \sum D \\ &= 16 - 1 - 12 = 3 \end{aligned}$$

4. Jumlah kuadrat factor (Sq_A, Sq_B, Sq_C, Sq_D)

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

$$= \frac{3,8^2}{4} + \frac{3,3^2}{4} + \frac{3,6^2}{4} + \frac{3,3^2}{4} - \frac{1,2^2}{1}$$

$$= 1,70$$

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

$$= \frac{3,9^2}{4} + \frac{3,4^2}{4} + \frac{3,8^2}{4} + \frac{3,8^2}{4} - \frac{1,2^2}{1}$$

$$= 1,35$$

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

$$= \frac{3,2^2}{4} + \frac{3,6^2}{4} + \frac{3,0^2}{4} + \frac{3,1^2}{4} - \frac{1,2^2}{1}$$

$$= 2,52$$

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

$$= \frac{3,5^2}{4} + \frac{3,9^2}{4} + \frac{3,6^2}{4} + \frac{3,0^2}{4} - \frac{1,2^2}{1}$$

$$= 14,86$$

$$S_e = S - S_m - S_A - S_B - S_B - S_D$$

$$= 155284,8 - 155264 - 1,7 - 1,35 - 2,52 - 14,86$$

$$= 0,79$$

5. Jumlah kuadrat total sesungguhnya (St)

$$St = S_A + S_B + S_C + S_D + S_e$$

$$= 1,70 + 1,35 + 2,52 + 14,86 + 0,79 = 21,21$$

6. Rata-rata jumlah kuadrat ($M_A + M_B + M_B + M_D + M_e$)

$$M_A = \frac{S_A}{D_A}$$

$$= \frac{1,7}{3} = 0,57$$

$$M_B = \frac{S_B}{D_B}$$

$$= \frac{1,3}{3} = 0,45$$

$$M_C = \frac{S_C}{D_C}$$

$$= \frac{2,5}{3} = 0,84$$

$$M_D = \frac{S_D}{D_D}$$

$$= \frac{1,8}{3} = 4,95$$

$$M_e = \frac{S_e}{D_e}$$

$$= \frac{0,7}{3} = 0,26$$

7. F-Ratio

$$\text{F-Ratio A} = \frac{M_A}{M_e}$$

$$= \frac{0,5}{0,2} = 2,16$$

$$\text{F-Ratio B} = \frac{M_B}{M_e}$$

$$= \frac{0,4}{0,2} = 1,71$$

$$\text{F-Ratio C} = \frac{M_C}{M_e}$$

$$= \frac{0,8}{0,2} = 3,21$$

$$\text{F-Ratio D} = \frac{M_D}{M_e}$$

$$= \frac{4,9}{0,2} = 18,86$$

8. Jumlah kuadrat sesungguhnya (Sq_A' , Sq_B' , Sq_C' , Sq_D' , Sq_e')

$$Sq_A' = Sq_A - D \times M_e$$

$$= 1,70 - 3 \times (0,26) = 0,91$$

$$Sq_B' = Sq_B - D \times M_e$$

$$= 1,35 - 3 \times (0,26) = 0,56$$

$$Sq_C' = Sq_C - D \times M_e$$

$$= 2,52 - 3 \times (0,26) = 1,73$$

$$Sq_D' = Sq_D - D \times M_e$$

$$= 14,86 - 3 \times (0,26) = 14,07$$

$$Sq_e' = St - Sq_A' - Sq_B' - Sq_C' - Sq_D'$$

$$= 21,21 - 0,91 - 0,56 - 1,73 - 14,07 = 3,94$$

9. Persen kontribusi (%)

$$A = \frac{S_{A'}}{S} \times 100 = \frac{(0,9)}{2,2} \times 100 = 4,31 \%$$

$$B = \frac{S_{B'}}{S} \times 100 = \frac{(0,5)}{2,2} \times 100 = 2,63 \%$$

$$C = \frac{S_{c'}}{S} \times 100 = \frac{(1,7)}{2,2} \times 100 = 8,17 \%$$

$$D = \frac{S_{d'}}{S} \times 100 = \frac{(1,0)}{2,2} \times 100 = 66,33 \%$$

$$e = \frac{S_{e'}}{S} \times 100 = \frac{(3,9)}{2,2} \times 100 = 18,74 \%$$

Tabel 4.15 Persentase kontribusi parameter untuk optimalisasi *short shot*

Source	Df	Sq	Mq	F-Ratio	Sq'	%
<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

Berdasarkan Tabel 4.15 dan perhitungan ANOVA pada optimalisasi *short shot* menunjukkan beberapa parameter yang berpengaruh. Pengaruh paling besar pada optimalisasi *short shot* ini adalah parameter *holding time* dengan nilai persen kontribusi sebesar 66,33 %. Parameter proses yang tidak terlalu berpengaruh pada optimalisasi *short shot* ini adalah parameter *mold temperature* dengan persen kontribusi sebesar 2,63 %.

4.7 Analisis parameter optimum

Dengan menggunakan metode S/N Ratio dan ANOVA hasil yang didapatkan adalah kombinasi parameter proses optimum untuk mencapai tujuan penelitian ini. Kombinasi parameter proses dan level optimum pada optimalisasi *cycle time* dan *short shot* ditunjukkan pada Tabel 4.16 Dan 4.17.

Tabel 4.16 Kombinasi level dan parameter proses optimum S/N Ratio 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 4.17 Kombinasi level dan parameter proses optimum S/N *Ratio* 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

Kombinasi parameter proses dan level optimum tersebut didapatkan dari hasil analisis S/N *Ratio* berdasarkan *ranking* yang diberikan seperti pada Tabel 4.18. *Ranking* tertinggi berdasarkan S/N *Ratio* menunjukkan bahwa parameter tersebut merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap respon *cycle time* dan *short shot*.

Tabel 4.18 Parameter proses optimum menurut S/N *Ratio*

<i>Rank</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Short Shot</i>
1	<i>Mold Temperature</i>	<i>Holding Time</i>
2	<i>Melt Temperature</i>	<i>Melt Temperature</i>
3	<i>Injection Time</i>	<i>Injection Pressure</i>
4	<i>Holding Time</i>	<i>Mold Temperature</i>

Tabel 4.19 Parameter proses optimum menurut ANOVA

<i>Rank</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Short Shot</i>
1	<i>Mold Temperature</i>	<i>Holding Time</i>
2	<i>Melt Temperature</i>	<i>Melt Temperature</i>
3	<i>Injection Time</i>	<i>Injection Pressure</i>
4	<i>Holding Time</i>	<i>Mold Temperature</i>

Berdasarkan Tabel 4.19 *ranking* tertinggi untuk optimalisasi *cycle time* adalah parameter *mold temperature*. Pada optimalisasi *short shot* parameter *holding time* adalah parameter yang paling berpengaruh dengan ditunjukan pada *ranking* pertama. *Ranking* yang telah didapatkan dari seluruh optimalisasi selanjutnya digunakan untuk parameter proses pada eksperimen konfirmasi.

4.8 Perhitungan Eksperimen Konfirmasi

Setelah dilakukan optimalisasi parameter proses untuk meminimalkan *cycle time* dan eliminasi *short shot* tahapan selanjutnya adalah melakukan 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 *cycle time*

$$\begin{aligned}
 1. S_q (\text{pooled } e) &= S_{qe} + S_{qD} \\
 &= 492,67 + 463,94 = 893,61 \\
 2. D_f (\text{pooled } e) &= D_{fe} + D_{fb} \\
 &= 3 + 3 = 6
 \end{aligned}$$

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

Ditanya : a. μ Prediksi CT ?

b. *Confidence Interval* (CI) ?

Jawab :

a. μ 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)*

$$\begin{aligned} CI &= \pm \sqrt{F_{(\alpha, v, v)} \times MSe \times \frac{1}{n_e}} \\ &= \pm \sqrt{3,78 \times 148,935 \times \frac{1}{3,2}} \\ &= \pm 13,26 \end{aligned}$$

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

Perhitungan eksperimen konfirmasi *short shot*

$$\begin{aligned} 1. S_q (\text{pooled } e) &= S_{qe} + S_{qD} \\ &= 0,79 + 1,35 = 2,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. D_f (\text{pooled } e) &= D_{fe} + D_{fb} \\ &= 3 + 3 = 6 \end{aligned}$$

Diketahui : \bar{y}	= 98,51
\bar{A}_2	= 98,95
\bar{B}_4	= 98,98
\bar{C}_1	= 99,07
\bar{D}_4	= 99,27
MSe	= 0,37
$F_{(0,1;1;6)}$	= 18,63
N_e	= 3.2

Ditanya : a. μ Prediksi CT ?

b. *Confidence Interval (CI)* ?

Jawab :

a. μ Prediksi

$$\begin{aligned} \mu \text{ prediksi} &= \bar{y} + (\bar{A}_1 - \bar{y}) + (\bar{B}_1 - \bar{y}) - (\bar{C}_1 - \bar{y}) + (\bar{D}_4 - \bar{y}) \\ &= 98,51 + (98,95 - 98,51) + (98,98 - 98,51) + (99,07 - 98,51) + \\ &\quad (99,27 - 98,51) \end{aligned}$$

$$= 100,7$$

b. *Confidence Interval* (CI)

$$\begin{aligned} CI &= \pm \sqrt{F_{(\alpha, v, v)} \times MSe \times \frac{1}{n_e}} \\ &= \pm \sqrt{18,63 \times 0,37 \times \frac{1}{3,2}} \\ &= \pm 1,47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ Prediksi} - CI & \quad \mu \text{ Prediksi} & \quad \mu \text{ Prediksi} + CI \\ 100,7 - 1,47 & \quad 100,7 & \quad 100,7 + 1,47 \\ 99,23 & \quad 100,7 & \quad 102,17 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas menghasilkan prediksi yang akan didapatkan pada hasil simulasi eksperimen konfirmasi. Hasil prediksi tersebut tidak selalu tepat namun pada beberapa penelitian hasilnya berada diantara range tersebut.

4.9. Hasil eksperimen konfirmasi

Simulasi moldflow dengan parameter pada Tabel 4.15 dan 4.16 telah dilakukan untuk mewakili proses eksperimen konfirmasi. Hasil dari simulasi optimalisasi *cycle time* menunjuka bahwa hasil yang didapatkan sama dengan percobaan ke 16 yaitu 23,88 detik. Hasil simulasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.14.

```

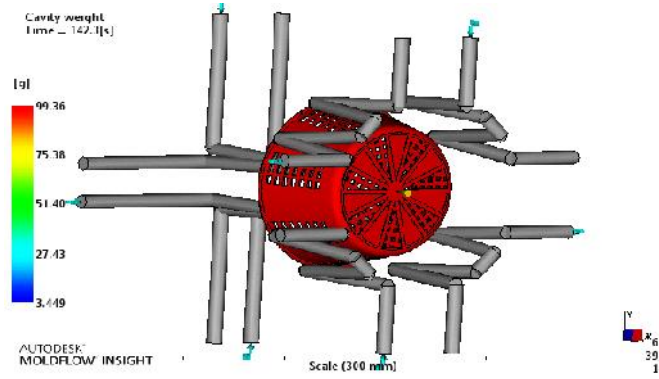
Process parameters :
-----
Fill time                =      1.2500 s
Stroke volume determination = Automatic
Cycle time              =     23.8883 s

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 4.14 Log simulasi eksperimen konfirmasi

Hasil simulasi optimalisasi *short shot* ditunjukkan pada Gambar 4.15 berikut. Hasil pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa *cavity weight* yang didapat sebesar 99,36 gram. Berat tersebut masih dalam *range* perhitungan eksperimen konfirmasi.



Gambar 4.15 Hasil simulasi moldflow *cavity weight*