

ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOLDING* TERHADAP WAKTU SIKLUS DAN CACAT *FLASH* PRODUK TUTUP BOTOL 180 ML MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI*

Andika Wahyu Prasanko¹, Dwi Djumhariyanto², Agus Triono²

¹Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: andikawahyup95@gmail.com

ABSTRACT

At present plastic becomes inseparable from human life especially in the food and beverage industry. One of the methods used in the manufacturing process of plastic products is injection molding. Injection molding is one of manufacturing technique that consists of a series of cyclical processes and is used to produce thermoplastic materials. The effect of the combination of process parameters impact on the product results such as the quantity and quality of the product, the non-conformity of the parameters causes the production to be not optimal. One method that can be used for optimization is the taguchi method. The taguchi method is a set of special matrices called orthogonol arrays that are used as reference in the determination combination of parameters and level values. The purpose of this research is to determine the optimal cycle time and net of the product on the process of making 180 ml bottle cap but by minimizing flash defects. The method used in this phase is ANOVA, and the calculation of taguchi method by using minitab 16 software. From the result of the research, the result of optimal condition is combination injection pressure 1320 bar, injection speed 50 mm/s, holding pressure 300 bar, and nozzle temperature 255°C produces a cycle time value of 15.72 seconds and netto 3.56 grams. This result is better than the setting of the company that produces 16.66 seconds cycle time and entered in the net range of 4 ± 0.5 grams resulting in an increase in production of 5.97%. While with combination of injection pressure 1280 bar, injection speed 50 mm / s, holding pressure 300 bar, and nozzle temperature 245°C resulted in fewer number of flash defects compared to company setting that is 12 units from 80 units of sample.

Keywords: flash deffect, injection molding, taguchi method, cycle time

PENDAHULUAN

Kebutuhan dan konsumsi plastik di Indonesia masih cukup besar terutama pada industri makanan dan minuman, tercatat terdapat 892 industri kemasan plastik yang menghasilkan *rigid packaging, flexible packaging thermoforming*, dan *extrusion* dengan kapasitas yang dapat dihasilkan yaitu kurang lebih 23,5 juta ton per tahun dengan utilitas sebesar 70%, sehingga produksi rata-rata yang dilakukan oleh industri kemasan plastik yaitu sebesar 1,65 juta ton per tahun [1]. Namun demikian permasalahan yang sering terjadi dalam industri plastik yaitu ketidaksesuaian bentuk dari perencanaan (cacat) dan jumlah produksi yang belum optimal.

Studi kasus yang dilakukan di PT. Berlina Tbk pada prduksi tutup botol 180 ml menggunakan mesin *injection molding* ARBURG All Rounder 420 C mendapatkan hasil bahwa produksi tutup botol menghasilkan waktu siklus 16,66 detik dengan jumlah produksi ± 13.552 unit dalam satu shift. Hal tersebut dinilai kurang optimal karena

kapasitas produksi belum mencukupi kapasitas yang diinginkan dan masih terdapat cacat *flash* yang mengharuskan adanya pekerjaan tambahan dimana pekerjaan tersebut secara waktu dan ekonomi merugikan perusahaan. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal ini yaitu dengan melakukan optimasi waktu siklus produksi namun dengan tetap memperhatikan kualitas produk yang dihasilkan. Dalam penelitian ini kualitas produk diwakili oleh netto produk dan cacat *flash* yang terjadi.

Metode *taguchi* merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, namun dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Analisis metode *taguchi* menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *orthogonal array*. Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter [2]. Sehingga dengan

metode ini akan didapatkan kombinasi parameter optimal yang dapat digunakan untuk memaksimalkan produksi produk *injection molding*.

Penelitian sebelumnya yang sama dilakukan di PT. Berlina Tbk menyebutkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara faktor *injection speed*, *cooling time*, dan *holding time* terhadap waktu siklus. Kondisi optimal untuk mendapatkan nilai waktu siklus terbaik yaitu dengan kombinasi parameter *holding pressure* sebesar 495 bar; *cooling time* sebesar 9,5 detik; dan *holding time* 3 detik. Pada keadaan ini produksi dapat naik sebesar 17,77% [3].

Dari permasalahan yang ada perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil optimal dari waktu siklus produksi produk tutup botol 180 ml dengan menentukan jenis parameter proses dan nilai level yang digunakan dan dengan kombinasi parameter sesuai dengan rancangan kombinasi eksperimen pada *orthogonal array* namun dengan tetap menjaga kualitas dari pada produk.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode *taguchi* dengan desain eksperimental sesuai dengan *orthogonal array*. Desain *orthogonal array* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu $L_{16}(2^{15})$, pemilihan jenis *orthogonal array* dipengaruhi oleh penentuan jumlah faktor yang digunakan dan juga jumlah nilai level yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 1. Rancangan *Orthogonal Array* $L_{16}(2^{15})$

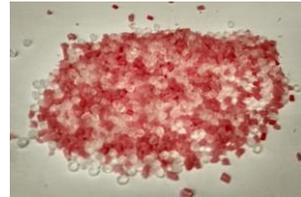
eks	Injection		3	Holding				Nozzle		
	Pressure (bar)	Speed (mm/s)		IPXIS	Pressure (bar)	IPXHP	ISXHP	HPxNT	Tempera ture (oC)	IPxNT
1	1280	40	1	300	1	1	1	245	1	1
2	1280	40	1	300	1	1	1	255	2	2
3	1280	40	1	400	2	2	2	245	1	1
4	1280	40	1	400	2	2	2	255	2	2
5	1280	50	2	300	1	2	2	245	1	2
6	1280	50	2	300	1	2	2	255	2	1
7	1280	50	2	400	2	1	1	245	1	2
8	1280	50	2	400	2	1	1	255	2	1
9	1320	40	2	300	2	1	2	245	2	1
10	1320	40	2	300	2	1	2	255	1	2
11	1320	40	2	400	1	2	1	245	2	1
12	1320	40	2	400	1	2	1	255	1	2
13	1320	50	1	300	2	2	1	245	2	2
14	1320	50	1	300	2	2	1	255	1	1
15	1320	50	1	400	1	1	2	245	2	2
16	1320	50	1	400	1	1	2	255	1	1

Pengolahan data yang dilakukan yaitu dengan menghitung *ANOVA (Analysis of Variant)* dari data kemudian dilakukan pula perhitungan menggunakan metode *taguchi* menggunakan bantuan *software* minitab 16 untuk menghasilkan produksi yang optimal dengan nilai waktu siklus yang lebih kecil, nilai netto yang masih berada pada *range* spesifikasi produk dari perusahaan serta cacat *flash* yang terjadi pada produk dapat berkurang.

Material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *polypropylene* (PP) murni yang dicampur dengan *afval* PP. *Afval* disini memiliki 2 fungsi

yaitu selain untuk material pencampur juga sebagai pewarna produk. Kombinasi material untuk proses produksi tutup botol 180 ml yaitu 70% *polypropylene* murni dan 30% *afval*. Adapun spesifikasi dari material *polypropylene* yaitu [4]:

- a) Kristalinitas :60%
- b) Massa Jenis [10^3 kg.m^{-3}] :0,90
- c) Tg [°C] :10
- d) Tm [°C] :176
- e) Tegangan Tarik [N.mm^{-2}] :30 sampai 40
- f) *Hardness* [R Scale] :80



Gambar 1. Material *Polypropylene*

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mesin *injection molding* ARBURG All Rounder 420 C tipe ARB 1000 290 yang memproduksi tutup botol 180 ml. Untuk spesifikasi mesin adalah sebagai berikut:

- a) Jumlah *Cavity* :8
- b) Diameter *Screw* :45 mm
- c) Kecepatan *Screw* :11-75 mm
- d) *Max Open Stroke* : 500 mm
- e) *Ejector Stroke* :176 mm
- f) Jumlah Panel *Cooling* : 22°C 5 buah, 27°C 7 buah
- g) *Operating Voltage* :400 V 3 ~ 50 Hz
- h) *Control Voltage* :230 V ~ 50 Hz



Gambar 2. Mesin *Injection Molding* ARBURG All Rounder

Dalam penelitian ini digunakan pula neraca analitis untuk menimbang berat produk tutup botol 180 ml dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a) *Type* : Star 0s
- b) Toleransi : 0,001 gram
- c) S/N : C 300513



Gambar 3. Neraca Analitis

Dalam penelitian ini akan digunakan empat faktor kendali yang diduga memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon yaitu waktu siklus, netto produk dan cacat flash. Faktor-faktor yang akan digunakan adalah *injection pressure*, *injection speed*, *holding pressure*, dan *nozzle temperature*. Nilai level yang digunakan tampak seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Variabel Proses dan Nilai Level

Faktor	Level bawah	Level Standar	Level atas
Kode	1	Perusahaan	2
<i>Injection Pressure</i>	1280 bar	1300 bar	1320 bar
<i>Injection Speed</i>	40 mm/s	45 mm/s	50 mm/s
<i>Holding Pressure</i>	300 bar	350 bar	400 bar
<i>Nozzle Temperature</i>	245°C	250°C	255°C

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan *orthogonal array* yang digunakan untuk menentukan kombinasi dari parameter proses yaitu *injection pressure*, *injection speed*, *holding pressure*, dan *nozzle temperature*. Untuk mengetahui pengaruh dari parameter terhadap respon makadilakukan penelitian dan dari hasil penelitian didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Data Waktu siklus

eks	Data Waktu Siklus (s)										rata-rata	s/n ratio [n]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	1280	40	1	300	1	1	245	1	16,420	16,330	15,170	16,307	-24,247
2	1280	40	1	300	1	1	255	2	15,790	15,800	15,760	15,783	-23,964
3	1280	40	1	400	2	2	245	1	15,780	15,760	15,790	15,777	-23,960
4	1280	40	1	400	2	2	255	2	15,890	15,890	15,880	15,877	-24,013
5	1280	50	2	300	1	2	245	1	15,900	15,910	15,880	15,900	-24,028
6	1280	50	2	300	1	2	255	2	15,730	15,740	15,720	15,730	-23,935
7	1280	50	2	400	2	1	245	1	15,880	15,890	15,900	15,890	-24,022
8	1280	50	2	400	2	1	255	2	15,860	15,870	15,870	15,867	-24,010
9	1320	40	2	300	2	1	245	2	15,760	15,750	15,740	15,750	-23,946
10	1320	40	2	300	2	1	255	1	15,770	15,770	15,760	15,767	-23,955
11	1320	40	2	400	1	2	245	2	15,790	15,750	15,760	15,767	-23,955
12	1320	40	2	400	1	2	255	1	15,870	15,870	15,880	15,873	-24,013
13	1320	50	1	300	2	2	245	2	15,870	15,850	15,850	15,850	-24,001
14	1320	50	1	300	2	2	255	1	15,740	15,710	15,720	15,723	-23,931
15	1320	50	1	400	1	2	245	2	15,930	15,900	15,910	15,913	-24,035
16	1320	50	1	400	1	2	255	1	15,800	15,870	15,870	15,867	-24,010

Tabel 4. Data Netto

eks	Data Netto [gram]										rata-rata	stdev	s/n ratio [n]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	1280	40	1	300	1	1	245	1	29,095	29,922	28,894	29,064	0,1138	48,134
2	1280	40	1	300	1	1	255	2	28,814	28,854	28,942	28,870	0,0655	52,886
3	1280	40	1	400	2	2	245	1	28,83	28,99	28,525	28,782	0,2862	41,715
4	1280	40	1	400	2	2	255	2	28,846	28,79	28,298	28,645	0,3015	39,554
5	1280	50	2	300	1	2	245	1	29,047	28,806	28,802	28,905	0,1261	47,204
6	1280	50	2	300	1	2	255	2	28,678	28,846	28,325	28,616	0,2639	40,637
7	1280	50	2	400	2	1	245	1	28,67	28,87	28,996	28,845	0,1644	44,884
8	1280	50	2	400	2	1	255	1	28,862	28,999	28,846	28,901	0,0841	50,723
9	1320	40	2	300	2	1	245	2	28,826	28,738	28,902	28,771	0,1149	49,972
10	1320	40	2	300	2	1	255	1	28,742	28,738	28,802	28,771	0,0886	50,216
11	1320	40	2	400	1	2	245	2	28,958	28,965	28,75	28,758	0,1966	43,303
12	1320	40	2	400	1	2	255	1	28,966	28,748	28,807	28,840	0,1128	48,157
13	1320	50	1	300	2	2	245	2	28,902	28,894	28,999	28,932	0,0894	53,892
14	1320	50	1	300	2	2	255	1	28,71	28,806	28,557	28,691	0,2256	47,176
15	1320	50	1	400	1	2	245	2	28,057	28,621	29,015	28,898	0,2408	41,584
16	1320	50	1	400	1	2	255	1	28,75	28,702	28,814	28,755	0,0562	54,181

Tabel 5. Data Cacat Flash

eks	Data Cacat Flash										Flash rata-rata	S/N ratio (n)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	1280	40	1	300	1	1	245	1	12	12	12	-21,58
2	1280	40	1	300	1	1	255	2	15	15	15	-23,52
3	1280	40	1	400	2	2	245	1	16	16	16	-24,08
4	1280	40	1	400	2	2	255	2	17	17	17	-24,61
5	1280	50	2	300	1	2	245	1	13	13	13	-22,28
6	1280	50	2	300	1	2	255	2	16	16	16	-24,08
7	1280	50	2	400	2	1	245	1	13	13	13	-22,28
8	1280	50	2	400	2	1	255	2	14	14	14	-22,92
9	1320	40	2	300	2	1	245	2	18	18	18	-25,11
10	1320	40	2	300	2	1	255	1	19	19	19	-25,58
11	1320	40	2	400	1	2	245	2	16	16	16	-24,08
12	1320	40	2	400	1	2	255	1	20	20	20	-26,02
13	1320	50	1	300	2	2	245	2	18	18	18	-25,11
14	1320	50	1	300	2	2	255	1	18	18	18	-25,11
15	1320	50	1	400	1	2	245	2	19	19	19	-25,58
16	1320	50	1	400	1	2	255	1	16	16	16	-24,08

Pembahasan

Analisis Waktu Siklus

Pengolahan data dilakukan menggunakan *software* minitab 16 untuk mendapatkan hasil dari ANOVA dan perhitungan dengan *metode taguchi*. Untuk perhitungan ANOVA berdasarkan data yang didapatkan dihitung nilai *sum square*, *mean square*, *f-ratio*, dan *p-ratio* pada masing-masing faktor dan interaksi faktor dengan menggunakan nilai s/n ratio jenis *smaller the better*. Hasil dari perhitungan ini kemudian ditabelkan sehingga dapat di analisis mengenai pengaruh faktor maupun interaksi faktor terhadap respon waktu siklus.

Tabel 6. Hasil ANOVA untuk Waktu Siklus
Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
IP	1	0.007084	0.007084	0.007084	7.19	0.010
IS	1	0.000445	0.000445	0.000445	0.45	0.504
HP	1	0.000014	0.000014	0.000014	0.01	0.898
NT	1	0.008200	0.008200	0.008200	8.33	0.002
IP*IS	1	0.005628	0.005628	0.005628	5.72	0.012
IP*HP	1	0.007547	0.007547	0.007547	7.66	0.004
IP*NT	1	0.005902	0.005902	0.005902	5.99	0.011
IS*HP	1	0.007715	0.007715	0.007715	7.83	0.004
IS*NT	1	0.000102	0.000102	0.000102	0.10	0.728
HP*NT	1	0.016419	0.016419	0.016419	4.29	0.029
Residual Error	37	0.024243	0.024243	0.000985		
Total	47	0.083299				

Dari hasil perhitungan ANOVA kemudian dilakukan uji-F dengan membandingkan nilai *f-ratio* hasil perhitungan dengan nilai *f-table*. Faktor yang memiliki nilai *f-ratio* lebih besar dari *f-table* maka dapat disimpulkan bahwa faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon. Pada tingkat level kepercayaan 5% ($\alpha = 0,05$) didapatkan nilai *f-table* yaitu $F_{0,05;1;37} = 4,11$ sehingga didapatkan faktor yang memiliki pengaruh signifikan yaitu *injection pressure* dan *nozzle temperature* kemudian untuk interaksi faktor hanya satu yang tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap waktu siklus yaitu interaksi antara *injection speed* dan *nozzle temperature*.

Faktor *injection pressure* memberikan pengaruh yang signifikan karena faktor *injection pressure* memberikan pengaruh besar terhadap *screw speed*, semakin besar nilai tekanan yang diberikan maka akan membuat *screw* semakin cepat dalam menekan material plastik kedalam *cavity* sehingga berdampak pada *output* waktu siklus yang dihasilkan [5].

Sedangkan faktor *nozzle temperature* memberikan pengaruh yang berbanding terbalik dengan waktu siklus yaitu semakin besar nilai dari *nozzle temperature* maka nilai dari waktu siklus akan mengecil. Hal ini karena tekanan merupakan faktor penting pada proses injeksi molding agar biji plastik yang telah meleleh dapat mengisi *mold*, sedangkan besarnya tekanan yang diberikan atau dibutuhkan dipengaruhi oleh temperatur [6].

Setelah didapatkan hasil dari ANOVA kemudian dilakukan optimasi dengan melakukan perhitungan berdasarkan metode *taguchi* dengan data yang telah diperoleh pada tabel 2. Perhitungan dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata

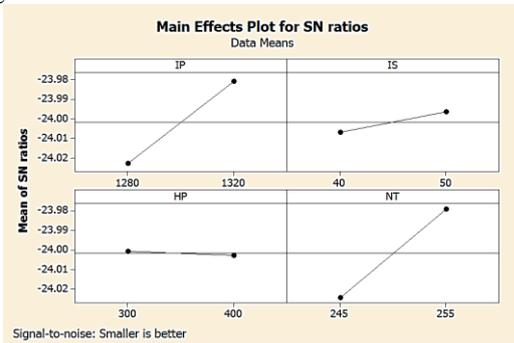
respon dari setiap faktor pada masing-masing level untuk mengetahui respon dari faktor.

Tabel 7. Perhitungan Efek Faktor untuk S/N Ratio Waktu Siklus

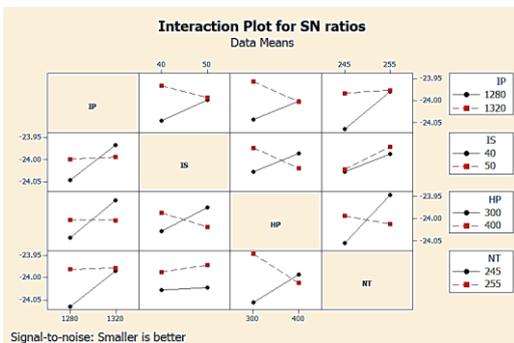
Response Table for Signal to Noise Ratios
Smaller is better

Level	ip	is	hp	nt
1	-24.02	-24.01	-24.00	-24.02
2	-23.98	-24.00	-24.00	-23.98
Delta	0.04	0.01	0.00	0.05
Rank	2	3	4	1

Dari hasil perhitungan efek tiap faktor pada tabel 7 dapat dibuat efek dari setiap faktor yang kemudian dapat dibaca level mana yang berpengaruh untuk setiap faktor seperti pada gambar berikut:



Gambar 4. Grafik Pengaruh Faktor Terhadap Waktu Siklus



Gambar 5. Grafik Pengaruh Interaksi Faktor Terhadap Waktu Siklus

Dari grafik pada gambar 4 dapat dilihat bahwa kombinasi parameter terbaik untuk mendapatkan nilai waktu siklus terbaik yaitu dengan menggunakan faktor *injection pressure* sebesar 1320 bar, *injection speed* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 bar, dan *Nozzle Temperature* sebesar 255°C.

Analisis Netto

Alur perhitungan yang dilakukan untuk proses analisis netto sama dengan perhitungan pada waktu siklus. Untuk perhitungan ANOVA berdasarkan data yang didapatkan dihitung nilai *sum square*, *mean square*, *f-ratio*, dan *p-ratio* pada masing-masing faktor dan interaksi faktor dengan menggunakan nilai s/n ratio jenis *nominal the better*. Hasil dari perhitungan ini kemudian

ditabelkan sehingga dapat di analisis mengenai pengaruh faktor maupun interaksi faktor terhadap respon netto.

Tabel 8. Hasil ANOVA untuk Netto

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
IP	1	27.024	27.024	27.0237	6.87	0.012
IS	1	4.362	4.362	4.3619	1.11	0.298
HP	1	36.014	36.014	36.0142	9.15	0.004
NT	1	13.828	13.828	13.8284	3.51	0.067
IP*IS	1	2.249	2.249	2.2485	0.57	0.453
IP*HP	1	0.000	0.000	0.0004	0.00	0.992
IP*NT	1	7.707	7.707	7.7074	1.96	0.168
IS*HP	1	52.385	52.385	52.3853	13.31	0.001
IS*NT	1	1.314	1.314	1.3144	0.33	0.566
HP*NT	1	46.800	46.800	46.8000	10.77	0.002
Residual Error	37	141.174	141.174	3.9349		
Total	47	332.858				

Dari hasil perhitungan ANOVA kemudian dilakukan uji-F dengan membandingkan nilai *f-ratio* hasil perhitungan dengan nilai *f-table*. Faktor yang memiliki nilai *f-ratio* lebih besar dari *f-table* maka dapat disimpulkan bahwa faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon. Pada tingkat level kepercayaan 5% ($\alpha = 0,05$) didapatkan nilai *f-table* yaitu $F_{0,05;1;37} = 4,11$ sehingga didapatkan faktor yang memiliki pengaruh signifikan yaitu *injection pressure* dan *holding pressure* kemudian untuk interaksi faktor yang memberikan pengaruh signifikan yaitu interaksi antara *injection speed*holding pressure* dan *holding pressure*nozzle temperature*.

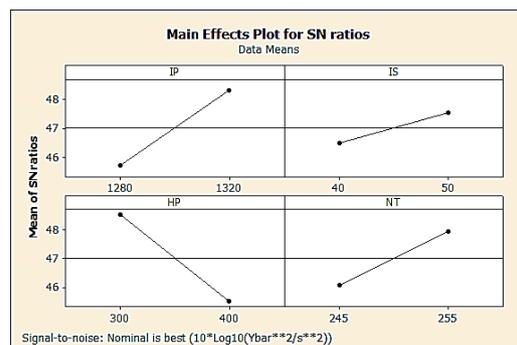
Setelah didapatkan hasil dari ANOVA kemudian dilakukan optimasi dengan melakukan perhitungan berdasarkan metode *taguchi* dengan data yang telah diperoleh pada tabel 4. Perhitungan dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata respon dari setiap faktor pada masing-masing level untuk mengetahui respon dari faktor.

Tabel 9. Perhitungan Efek Faktor untuk S/N Ratio Netto

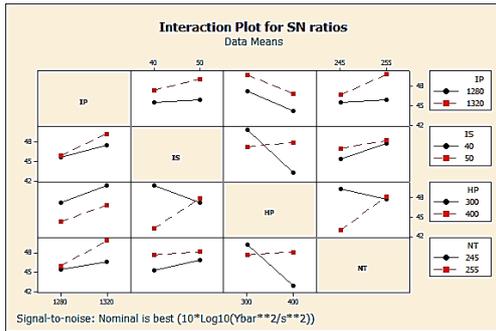
Response Table for Signal to Noise Ratios
Nominal is best ($10 * \log_{10}(Ybar^{**2}/s^{**2})$)

Level	IP	IS	HP	NT
1	45.71	46.49	48.51	46.08
2	48.31	47.54	45.51	47.94
Delta	2.60	1.04	3.00	1.86
Rank	2	4	1	3

Dari hasil perhitungan efek tiap faktor pada tabel 9 dapat dibuat efek dari setiap faktor yang kemudian dapat dibaca level mana yang berpengaruh untuk setiap faktor seperti pada gambar berikut:



Gambar 6. Grafik Pengaruh Faktor Terhadap Netto



Gambar 7. Grafik Pengaruh Interaksi Faktor Terhadap Netto

Dari grafik pada gambar 6 dapat dilihat bahwa kombinasi parameter terbaik untuk mendapatkan nilai netto terbaik yaitu dengan menggunakan faktor *injection pressure* sebesar 1320 bar, *injection speed* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 bar, dan *Nozzle Temperature* sebesar 255°C.

Analisis Cacat Flash

Sama dengan perhitungan pada analisis sebelumnya, untuk perhitungan ANOVA berdasarkan data yang didapatkan dihitung nilai *sum square*, *mean square*, *f-ratio*, dan *p-ratio* pada masing-masing faktor dan interaksi faktor dengan menggunakan nilai s/n ratio jenis *smaller the better*. Hasil dari perhitungan ini kemudian ditabelkan sehingga dapat di analisis mengenai pengaruh faktor maupun interaksi faktor terhadap respon cacat flash.

Tabel 10. Hasil ANOVA untuk Cacat Flash
Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
ip	1	14.6160	14.6160	14.6160	18.86	0.001
is	1	0.6199	0.6199	0.6199	0.80	0.315
hp	1	0.1048	0.1048	0.1048	0.14	0.675
nt	1	2.1222	2.1222	2.1222	2.74	0.074
ip*is	1	0.1087	0.1087	0.1087	0.14	0.670
ip*hp	1	0.7908	0.7908	0.7908	1.02	0.259
ip*nt	1	0.9984	0.9984	0.9984	1.29	0.207
is*hp	1	1.3934	1.3934	1.3934	1.80	0.140
is*nt	1	0.9594	0.9594	0.9594	1.24	0.216
hp*nt	1	0.4211	0.4211	0.4211	0.54	0.137
Residual Error	5	3.8739	3.8739	0.7748		
Total	15	26.0087				

Dari hasil perhitungan ANOVA kemudian dilakukan uji-F dengan membandingkan nilai *f-ratio* hasil perhitungan dengan nilai *f-table*. Faktor yang memiliki nilai *f-ratio* lebih besar dari *f-table* maka dapat disimpulkan bahwa faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon. Pada tingkat level kepercayaan 5% ($\alpha = 0,05$) didapatkan nilai *f-table* yaitu $F_{0,05;1;37} = 4,11$ sehingga didapatkan hasil bahwa baik faktor maupun interaksi faktor hanya faktor *injection pressure* yang memiliki pengaruh signifikan terhadap respon.

Faktor *injection pressure* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap cacat flash karena peningkatan nilai level dari tekanan injeksi akan menaikkan pula peluang untuk terjadinya cacat flash. Tekanan memiliki peranan penting dalam

pembentukan flash bersamaan dengan temperatur yang mempengaruhi tingkat *melting* dari material plastik. Bila material memiliki viskositas rendah dan diberikan tekanan yang tinggi maka resiko terjadinya flash akan meningkat pula [7].

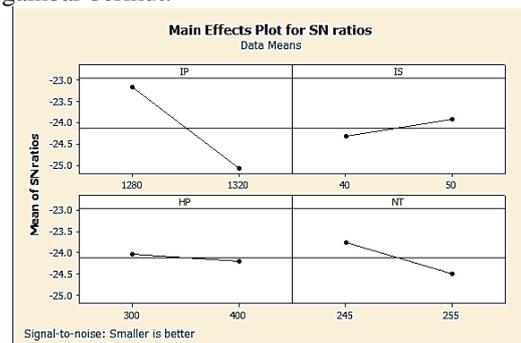
Setelah didapatkan hasil dari ANOVA kemudian dilakukan optimasi dengan melakukan perhitungan berdasarkan metode *taguchi* dengan data yang telah diperoleh pada tabel 5. Perhitungan dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata respon dari setiap faktor pada masing-masing level untuk mengetahui respon dari faktor.

Tabel 11. Perhitungan Efek Faktor untuk S/N Ratio Cacat Flash

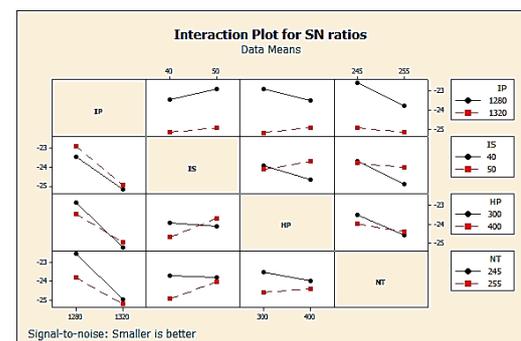
Response Table for Signal to Noise Ratios
Smaller is better

Level	ip	is	hp	nt
1	-23.17	-24.32	-24.04	-23.76
2	-25.08	-23.93	-24.21	-24.49
Delta	1.91	0.39	0.16	0.73
Rank	1	3	4	2

Dari hasil perhitungan efek tiap faktor pada tabel 11 dapat dibuat efek dari setiap faktor yang kemudian dapat dibaca level mana yang berpengaruh untuk setiap faktor seperti pada gambar berikut:



Gambar 8. Grafik Pengaruh Faktor Terhadap Cacat Flash



Gambar 9. Grafik Pengaruh Interaksi Faktor Terhadap Cacat Flash

Dari grafik pada gambar 8 dapat dilihat bahwa kombinasi parameter terbaik untuk mendapatkan nilai cacat flash terbaik yaitu dengan menggunakan faktor *injection pressure* sebesar 1280 bar, *injection speed* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 bar, dan *Nozzle Temperature* sebesar 245°C.

KESIMPULAN

Dari penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan mengenai analisis parameter pada *injection molding* dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Untuk Waktu siklus kondisi optimal pembuatan produk tutup botol 180 ml yaitu dengan kombinasi parameter *injection pressure* sebesar 1320 bar, *injection speed* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 bar, dan *nozzle temperature* sebesar 255°C. Dari *setting* tersebut didapatkan hasil waktu siklus 15,72 detik dengan *netto* produk yang masih sesuai dengan standar kelayakan perusahaan yaitu sebesar ±3,56 gram. Dengan menggunakan *setting* ini mampu meningkatkan produktifitas pembuatan tutup botol 180 ml sebesar 5,64 % dari jumlah produksi sebelumnya.
2. Untuk cacat *flash* kondisi optimal *setting* parameter pembuatan produk tutup botol 180 ml yaitu dengan kombinasi parameter *injection pressure* sebesar 1280 bar, *injection speed* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 bar, dan *nozzle temperature* sebesar 245°C. Dari *setting* tersebut didapatkan hasil jumlah cacat *flash* terkecil yaitu sebanyak 12 unit dari jumlah sampel penelitian sebanyak 80 unit. Dengan menggunakan *setting* ini mampu menurunkan jumlah cacat *flash* yang terjadi dalam proses pembuatan tutup botol 180 ml.

SARAN

Bedasarkan analisis data penelitian dari hasil eksperimen di PT. Berlina Tbk., penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan di PT. Berlina merupakan salah satu upaya dalam mengatasi permasalahan produksi dengan bantuan perhitungan statistik guna memperoleh kombinasi parameter dan level optimal

sehingga jumlah produksi dan kualitas hasil produksi dapat meningkat. Dari pihak perusahaan sebaiknya menggunakan hasil penelitian ini sebagai pertimbangan dalam melaksanakan pengembangan dalam *setting* parameter produk tutup botol 180 ml.

2. Jumlah parameter atau faktor dalam mesin *injection molding* masih banyak yang belum dikaji, sehingga untuk penelitian selanjutnya supaya mengkaji ulang parameter yang digunakan sehingga didapatkan data analisis yang lebih lengkap mengenai pengaruh faktor terhadap hasil produksi *injection molding*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hakim, A. R. (2012). *Pengaruh Suhu, Tekanan dan Waktu Pendinginan Terhadap Cacat Warpage Produk Berbahan Plastik*.
- [2] Kemenperin. (2016). *Industri Plastik Harus Terus Dikembangkan*. Diambil kembali dari kemenperin.go.id:<http://www.kemenperin.go.id/artikel/4709/Industri-Plastik-Harus-Terus-Dikembangkan>
- [3] Mujiarto, Imam. (2005). *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Traksi. Vol. 3. No. 2
- [4] San, G. S., Tjitro, S., & Santoso, D. A. (2010). *Aplikasi Metode Desain Faktorial Untuk Mengoptimalkan Proses Pembuatan Ember Plastik*. Seminar Nasional Teknik Mesin.
- [5] Soejanto, Irwan. (2009). *Desain Eksperimental dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Tarnando, M, I. (2016). *Analisis Variasi Proses Injection Moulding Terhadap Waktu Siklus Tutup Botol 500 ml Dengan Metode Taguchi*. Jember: Universitas Jember
- [7] Wahyudi, D., & Alimin, R. (1999). *Aplikasi Rekayasa Mutu untuk Mengurangi Cacat Pada Mesin Injection Molding*. Jurnal Teknik Mesin, 134-142.