

OPTIMIZATION OF CYCLE TIME AND REDUCTION OF TAILED ON TOP DEFECTS IN BOTTLE CAPS USING TAGUCHI METHOD

OPTIMASI WAKTU SIKLUS DAN PENGURANGAN CACAT TAILED ON TOP PADA TUTUP BOTOL KEMASAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Nanda Pratiwi¹, Diana Ross Arief^{1*}, Herry Suseno¹, Adam Dio Zaidan Dhuha¹

¹ Department of Plastic and Rubber Processing Technology, Politeknik ATK Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding author: diana@atk.ac.id

Abstract :

The purpose of this study is to determine the optimal cycle time and reduced defects of tailed on top in bottle cap products. Defects of tailed on top are defects in the form of residual plastic material that hardens at the top of the bottle cap where the material enters when injected. The method used in this final project was to conduct an experimental design using orthogonal array by varying the influential parameters and ANOVA calculation. Furthermore, this paper also calculated the Taguchi method by using Minitab 18 software. The result show that the optimal condition is combination parameters cooling time of 8 seconds, injection time of 2.10 seconds and hot runner nozzle temperature of 230°C produces a cycle time value of 17,11 seconds and percentage defects 1,56%.

Keyword: cycle time, tailed on top defect, injection molding, taguchi method

Intisari :

Studi bertujuan untuk menentukan waktu siklus optimal dan mengurangi cacat berambut (*tailed on top*) pada produk tutup botol kemasan. Cacat *tailed on top* adalah cacat berupa adanya sisa material plastik yang mengeras di bagian atas tutup botol di mana material masuk saat diinjeksikan. Metode yang digunakan dalam pengambilan data adalah melakukan desain eksperimental menggunakan matriks ortogonal dengan memvariasikan parameter yang berpengaruh dan perhitungan ANOVA. Selanjutnya, dilakukan juga perhitungan metode *Taguchi* menggunakan perangkat lunak Minitab 18. Hasil kajian menunjukkan bahwa kondisi yang optimal adalah dengan parameter kombinasi waktu pendinginan (*cooling time*) sebesar 8 detik, waktu injeksi (*injection time*) sebesar 2,10 detik dan *temperatur nozzle hot runner* sebesar 230°C menghasilkan nilai waktu siklus sebesar 17,11 detik dan persentase cacat 1,56%.

Kata kunci: waktu siklus, cacat tailed on top, injection molding, metode taguchi

Pendahuluan

Kebutuhan akan produk berbahan dasar plastik (polimer) di Indonesia saat ini cukup tinggi terutama pada industri kemasan untuk farmasi, makanan dan minuman. Jumlah industri plastik dari tahun ke tahun semakin meningkat. Peningkatan mencapai lima persen per tahun dalam lima tahun terakhir. Tercatat dalam data Kemenperin, jumlah industri plastik hingga tahun 2019 mencapai 925 perusahaan yang memproduksi berbagai macam produk plastik mulai dari *rigid packaging*, *thermoforming*, *extrusion*, dan *flexible packaging* dengan total produksi sebesar 4,68 juta ton per tahun [1].

Studi kasus yang dilakukan di perusahaan plastik di daerah Bogor pada produksi tutup botol kemasan menggunakan mesin *injection molding* HAITIAN MA 3200/1700 -e memperoleh hasil waktu siklus sebesar 20,00 detik dan masih terdapat cacat berambut (*tailed on top*) yang mengharuskan adanya pekerjaan tambahan untuk menghilangkan cacat tersebut secara manual menggunakan *cutter*. Upaya optimasi yang dilakukan penulis yaitu dengan memvariasikan parameter menggunakan metode *taguchi*. Metode *taguchi* adalah metode yang dilakukan dengan pendekatan *Design of Eksperimen* [2]. *Design of Eksperimen* adalah kegiatan yang dilakukan dengan memperlakukan suatu objek penelitian untuk mengetahui sebab akibat perlakuan terhadap faktor lain [3]. Analisis metode *taguchi* menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *Orthogonal Array*.

Matriks orthogonal array merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Dalam suatu matriks terdiri dari beberapa level dan beberapa faktor dimana beberapa level disesuaikan dengan tujuan kajian dan beberapa faktor ditentukan dengan parameter yang digunakan.

Studi terdahulu oleh Prasanko dalam kajiannya menyebutkan bahwa parameter yang berpengaruh terhadap waktu siklus adalah *injection pressure* dan *nozzle temperature* [4]. Variasi parameter yang menghasilkan waktu siklus sesuai standar yaitu nilai *injection pressure* sebesar 1320 bar, *injection speed* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 bar, dan *nozzle temperature* sebesar 225°C menghasilkan waktu siklus sebesar 15,72 detik.

Berdasarkan latar belakang dan studi terdahulu, maka penulis mencoba mengangkat kajian yang berkaitan dengan penerapan metode *taguchi* yang digunakan sebagai media optimasi waktu siklus dan pengurangan cacat produk *tailed on top* sehingga dihasilkan kualitas yang baik dan sesuai standar perusahaan.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode *taguchi* dengan memakai seperangkat *matriks* khusus yang disebut *orthogonal array*. Tahapan metode penelitian antara lain: Tahap identifikasi permasalahan, tahap pengambilan dan pengolahan data, analisis data dan hasil percobaan dan tahap pengujian hipotesis.

Dalam penelitian ini variabel yang menjadi objek pengamatan sesuai permasalahan di perusahaan adalah waktu siklus dan cacat berambut (*tailed on top*) merupakan variabel respon penelitian. Sedangkan variabel proses yang digunakan adalah tiga faktor kendali yang diduga memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon, antara lain *cooling time*, *injection time*, dan *temperature nozzle hot runner*. Nilai level tiap variabel proses dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Level Tiap Variabel Proses

FAKTOR	Level Bawah	Level Standar Perusahaan	Level Atas
KODE	1	0	2
<i>Cooling Time (s)</i>	8 s	10 s	12 s
<i>Injection Time (s)</i>	2,10 s	2,30 s	2,50 s
<i>Temperatur Nozzle Hot Runner (°C)</i>	210 °C	220 °C	230 °C

Rancangan *orthogonal array* yang digunakan dalam penelitian adalah $L_8(2^6)$ artinya dilakukan percobaan sebanyak 8 kali dengan 2 nilai level dan 6 faktor kendali. Rancangan *orthogonal array* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rancangan *orthogonal array* $L_8(2^6)$

Eks	1	2	3	4	5	6
	Cooling time (s)	Injection time (s)	Ct x it	Temp. Nozzle hot runner (°C)	Ct x tnh	It x tnh
1	8	2,10	1	210	1	1
2	8	2,10	1	230	2	2
3	8	2,50	2	210	1	2
4	8	2,50	2	230	2	1
5	12	2,10	2	210	2	1
6	12	2,10	2	230	1	2
7	12	2,50	1	210	2	2
8	12	2,50	1	230	1	1

Tahapan pengolahan data dilakukan setelah diperoleh data waktu siklus maupun data cacat berambut melalui proses produksi produk tutup botol kemasan menggunakan mesin *injection molding*. Pengolahan data yang dilakukan yaitu dengan menghitung ANOVA (*Analysis of Variant*) kemudian dilakukan perhitungan dengan metode *taguchi* menggunakan bantuan *software* minitab 18 untuk memperoleh nilai waktu siklus terkecil dan jumlah cacat terendah.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu material *polypropilene* (PP) murni merek Trilene HI10H0 yang ditambahkan *masterbatch* sebagai pewarna produk. Kombinasi material untuk proses produksi yaitu 98% *polypropilene* murni dan 2% *materbatch*. Gambar material yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1. Adapun spesifikasi dari material *polypropilene* yaitu:

- a) Kristalinitasi [%] : 60
- b) Massa Jenis [10^3 kf.m^{-3}] : 0,90
- c) Tg [°C] : 10

- d) T_m [°C] : 176
- e) Tegangan tarik [N.mm⁻²] : 30-40
- f) Modulus tarik [N.mm⁻²] : 1,1 -1,6
- g) Perpanjangan [%] : 50-600
- h) Kekerasan [R. Scale] : 80



Gambar 1. Material *Polypropilene*

Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk memproduksi tutup botol kemasan dalam penelitian ini yaitu mesin *injection molding* HAITIAN MA 3200/1700 e dengan kapasitas 320 ton yang ditunjukkan pada gambar 2. Adapun spesifikasi mesin injeksi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi mesin injeksi

Spesifikasi	Keterangan
Nama mesin	Haitian MA 3200/1700 e
Jumlah cavity	16
Diameter screw	60 mm
Clamping force	320 ton
Max. weight of a moulded part	845 gram
Max. mould opening	680 mm
Max. mould height	250 mm
Diameter of centring rings solid plate	160 mm
Hoating plate	100 mm
Opening stroke	380 mm
Power	15 KW



Gambar 2. Mesin *injection molding*

Penelitian ini juga menggunakan alat untuk pengontrol suhu di *mold hot runner* agar tetap stabil yaitu *Temperature hot runner controller* . *Temperature hot runner controller* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Alat *temperature hot runner controller*

Hasil Dan Pembahasan

Penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui kombinasi parameter proses yaitu *cooling time* , *injection time* , dan *temperature nozzle hot runner* yang berpengaruh terhadap respon yaitu waktu siklus dan jumlah cacat produk. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu pengamatan terhadap waktu siklus dapat dilihat pada tabel 4. Sedangkan hasil pengamatan terhadap cacat produk dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4. Data Waktu Siklus

Eks	1	2	3	4	5	6	Data waktu siklus (s)			Rata-rata	S/n Ratio
	CT (s)	IT (s)	CTXIT	TNHR (°C)	CT X TNHR	IT X TNHR	1	2	3		
1	8	2,1	1	210	1	1	17,12	17,13	17,14	17,13	-24,68
2	8	2,1	1	230	2	2	17,11	17,11	17,12	17,11	-24,67
3	8	2,5	2	210	1	2	17,50	17,51	17,53	17,51	-24,87
4	8	2,5	2	230	2	1	17,53	17,50	17,49	17,50	-24,86
5	12	2,1	2	210	1	1	21,12	21,12	21,12	21,12	-24,50
6	12	2,1	2	230	2	2	21,11	21,10	21,11	21,11	-24,49
7	12	2,5	1	210	1	2	21,51	21,52	21,52	21,52	-24,66
8	12	2,5	1	230	2	1	21,50	21,49	21,50	21,50	-24,65

Tabel 5. Data Cacat Berambut

Eks	1	2	3	4	5	6	jumlah sampel	jumlah cacat	presentase cacat (%)	S/n Ratio
	CT (s)	IT (s)	CTXIT	TNHR (°C)	CT X TNHR	IT X TNHR				
1	8	2,1	1	210	1	1	64	0	0,00	0,00
2	8	2,1	1	230	2	2	64	1	1,56	-3,88
3	8	2,5	2	210	1	2	64	2	3,13	-9,90

4	8	2,5	2	230	2	1	64	3	4,69	-13,42
5	12	2,1	2	210	1	1	64	0	0,00	0,00
6	12	2,1	2	230	2	2	64	1	1,56	-3,88
7	12	2,5	1	210	1	2	64	3	4,69	-13,42
8	12	2,5	1	230	2	1	64	4	6,25	-15,92

Analisis Waktu Siklus

Pengolahan data waktu siklus yang menggunakan *software* minitab 18 agar diperoleh hasil dari ANOVA dan perhitungan menggunakan metode *taguchi*. Perhitungan awal dilakukan dengan mencari nilai rata-rata dari waktu siklus dan nilai S/N Ratio jenis *smaller the better*. Selanjutnya, nilai S/N Ratio digunakan untuk perhitungan ANOVA untuk mencari nilai *sum square*, *mean square*, *f-value* dan *p-value* pada masing-masing faktor dan interaksi faktor. Hasil dari perhitungan ANOVA tersebut kemudian ditabelkan pada tabel 6 yaitu hasil ANOVA untuk waktu siklus.

Tabel 6. Hasil ANOVA Untuk Waktu Siklus

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Cooling Time (Ct)	1	6.50449	6.50449	584633.99	0.001
Injection Time (IT)	1	0.06336	0.06336	5694.87	0.008
CTXIT	1	0.00062	0.00062	56.08	0.085
Temp. Nozzle Hot Runner (TNHR)	1	0.00009	0.00009	8.20	0.214
CTXTNHR	1	0.00000	0.00000	0.00	0.993
ITXTNHR	1	0.00000	0.00000	0.20	0.731
Error	1	0.00001	0.00001		
Total	7	6.56858			

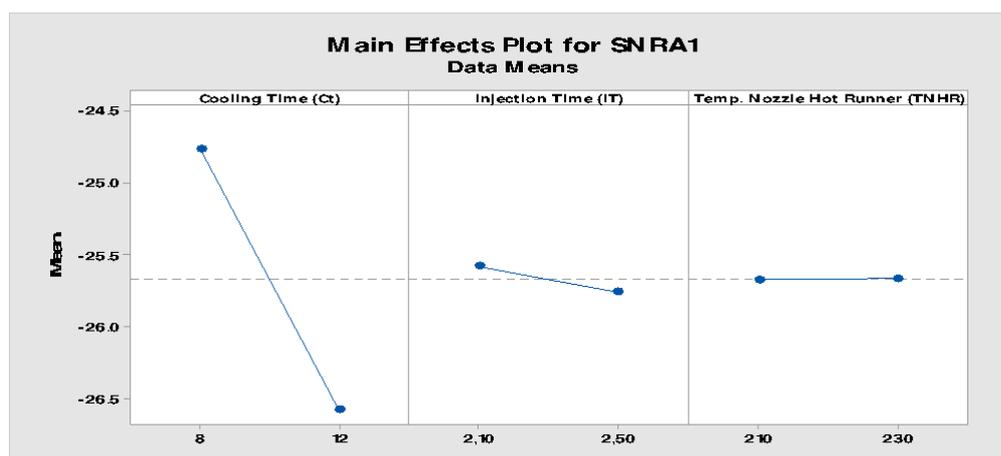
Hasil perhitungan ANOVA tabel 6 uji-F dilakukan dengan membandingkan nilai *F-value* hasil perhitungan dengan nilai F-tabel. Faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap waktu siklus adalah jika nilai *F-value* masing-masing faktor lebih besar dari nilai F-tabel. Nilai F-tabel yang diperoleh yaitu $F_{0,05:1:1}=161$ dengan tingkat kepercayaan 5% ($\alpha=0,05$), sehingga diperoleh faktor yang memiliki pengaruh signifikan yaitu *cooling time*, dengan nilai *F-value* sebesar 584633,99 dan faktor *injection time* dengan nilai *F-value* sebesar 5694,87. Sedangkan faktor *temperature nozzle hot runner* berdasarkan uji-F tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap waktu siklus.

Hasil ANOVA untuk waktu siklus pada tabel 6 kemudian digunakan untuk menganalisis pengaruh faktor maupun interaksi faktor terhadap waktu siklus dan menunjukkan peringkat setiap faktor yang berpengaruh menggunakan perhitungan metode *taguchi*, dapat dilihat pada tabel 7.

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

Level	Cooling Time (Ct)	Injection Time (IT)	CTXIT	Temp. Nozzle Hot Runner (TNHR)	CTXTNHR	ITXTNHR
1	-24.77	-25.58	-25.66	-25.67	-25.67	-25.67
2	-26.57	-25.76	-25.68	-25.67	-25.67	-25.67
Delta	1.80	0.18	0.02	0.01	0.00	0.00
Rank	1	2	3	4	6	5

Efek dari setiap faktor dan interaksi faktor dapat dibuat dari hasil perhitungan efek tiap faktor pada tabel 10. Kemudian, level mana yang berpengaruh untuk setiap faktor seperti pada gambar 4, akan terbaca.



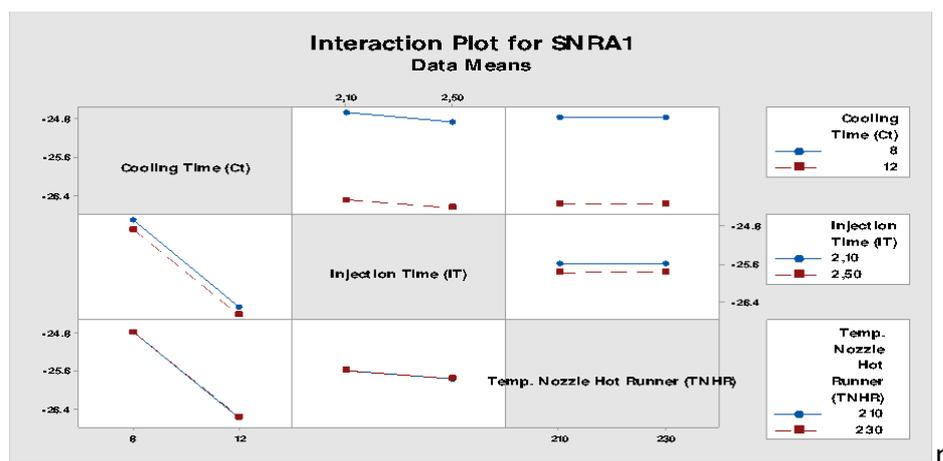
Gambar 4. Grafik Pengaruh Faktor Terhadap Waktu Siklus

Gambar 4 menunjukkan faktor *cooling time* memiliki pengaruh yang paling besar terhadap waktu siklus. Hal ini dilihat dari nilai slope (kemiringan) garis *cooling time* pada *main effect plot* (gambar 4) paling tinggi dibandingkan dengan *injection time* maupun *temperature nozzle hot runner*. Saat pendinginan berlangsung, material lelehan plastik dalam *mold* akan mengalami perubahan fase dari *viscous liquid* menjadi fase *rubbery*. Selanjutnya, fase *rubbery* lelehan plastik akan membentuk inti kristal dengan bertahap diikuti penyebaran lelehan plastik di *mold*. Inti-inti kristal sebagai molekul polimer tersebar berbentuk *lamellar* kemudian berubah menjadi *spherulite*, yaitu pertumbuhan struktur menjadi kristal. Menurut San dan Henry setelah menjadi kristal, maka plastik akan mencapai fase *glass-like* (plastik akan mencapai *freezing-point*) dengan terlebih dahulu membentuk *flexible crystalline polymer* [5]. Sehingga waktu pendinginan yang semakin cepat akan mempercepat pembentukan struktur kristal plastik yang akan membentuk produk.

Faktor *injection time* yang juga memiliki pengaruh signifikan terhadap waktu siklus karena semakin cepat waktu injeksi maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan *screw* berputar untuk

menekan material plastik ke dalam *cavity* sehingga akan diperoleh pada *output cycle time* yang dihasilkan.

Sedangkan faktor *temperature nozzle hot runner* tidak memiliki pengaruh yang signifikan karena *nozzle* yang dimaksud adalah *nozzle* yang terdapat di *mold hot runner* sehingga tidak mempengaruhi proses injeksi di dalam *barrel*.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Interaksi Faktor Terhadap Waktu Siklus

Gambar 5 menunjukkan plot interaksi antar faktor yang akan dipilih untuk mendapatkan waktu siklus yang optimal, hal ini dapat dilihat dari grafik antar faktor yang tidak saling berimpitan. Interaksi antara faktor *cooling time* dengan *injection time* mempunyai pengaruh signifikan karena menghasilkan grafik yang tidak saling berimpitan dan terdapat perubahan pada waktu siklus. Sedangkan faktor *temperature nozzle hot runner* yang tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap waktu siklus jika berinteraksi dengan *cooling time* maupun *injection time* secara simultan tidak akan berpengaruh terhadap waktu siklus terlihat pada grafik antar faktor yang saling berimpitan.

Dari grafik pada gambar 4 dapat diketahui bahwa kombinasi parameter yang tepat untuk memperoleh nilai waktu siklus paling optimal sebesar 17,11 detik adalah dengan menggunakan faktor *cooling time* sebesar 8 detik, *injection time* sebesar 2,10 detik dan *temperature nozzle hot runner* sebesar 230°C.

Analisis Cacat Berambut (Tailed on top)

Menurut Budiono Cacat *tailed on top* atau yang lebih dikenal cacat berambut adalah cacat berupa adanya sisa material plastik berbentuk seperti sehelai rambut pada bagian atas tutup botol yang merupakan tempat masuknya material ketika diinjeksikan ke dalam *mold* [6].

Alur perhitungan yang dilakukan untuk proses analisis cacat *tailed on top* sama dengan perhitungan pada waktu siklus. Pada 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 pada tabel 8, sehingga dapat di analisis mengenai pengaruh faktor maupun interaksi faktor terhadap cacat *tailed on top*.

Tabel 8. Hasil ANOVA Untuk Cacat *Tailed on Top*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Cooling Time (Ct)	1	4.531	4.531	34.63	0.107
Injection Time (IT)	1	251.995	251.995	1926.14	0.015
CTXIT	1	4.531	4.531	34.63	0.107
Temp. Nozzle Hot Runner (TNHR)	1	23.713	23.713	181.25	0.047
CTXTNHR	1	0.131	0.131	1.00	0.500
ITXTNHR	1	0.375	0.375	2.87	0.340
Error	1	0.131	0.131		
Total	7	285.407			

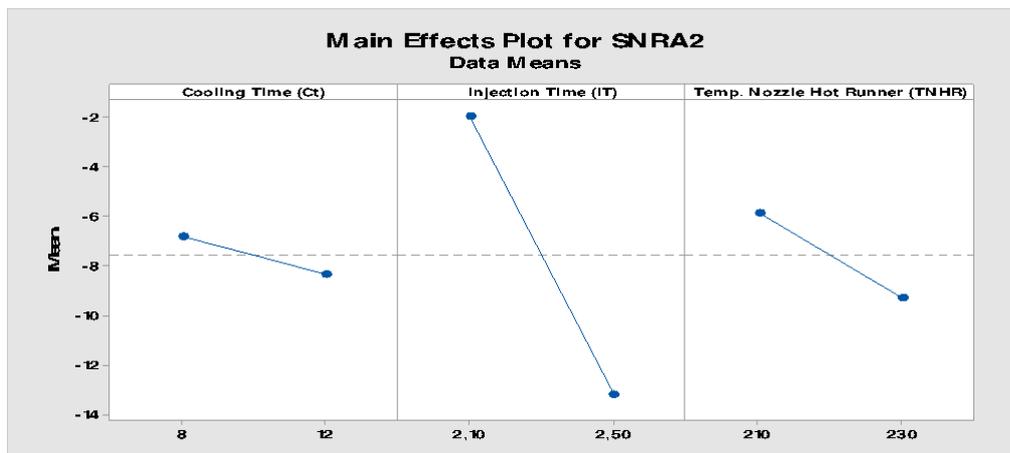
Dari hasil perhitungan ANOVA kemudian dilakukan uji-F dengan membandingkan nilai *f-value* hasil perhitungan dengan nilai *f-tabel*. Faktor yang memiliki nilai *f-value* lebih besar dari *f-tabel* maka dapat disimpulkan bahwa faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon. Pada tingkat level kepercayaan 5% ($\alpha=0,05$) didapatkan nilai *f-tabel* yaitu $F_{0,05;1:1}=161$, faktor yang memiliki pengaruh signifikan adalah *injection time* dengan nilai *F-value* sebesar 1926,14 dan faktor *temperature nozzle hot runner* dengan nilai *F-value* sebesar 181,25. Sedangkan *cooling time* berdasarkan uji-F tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap cacat *tailed on top*.

Sehingga didapatkan faktor yang memiliki pengaruh signifikan yaitu *injection time* dan *temperatur nozzle hot runner*. Setelah didapatkan hasil dari ANOVA kemudian dilakukan optimasi dengan melakukan perhitungan menggunakan metode *taguchi* dengan data yang telah diperoleh pada tabel variabel proses dan nilai faktor. Perhitungan dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata respon dari setiap faktor pada masing-masing level untuk mengetahui respon dari faktor. Perhitungan efek faktor untuk S/N Ratio cacat *tailed on top* dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Efek Faktor untuk S/N Ratio Cacat *Tailed on Top*

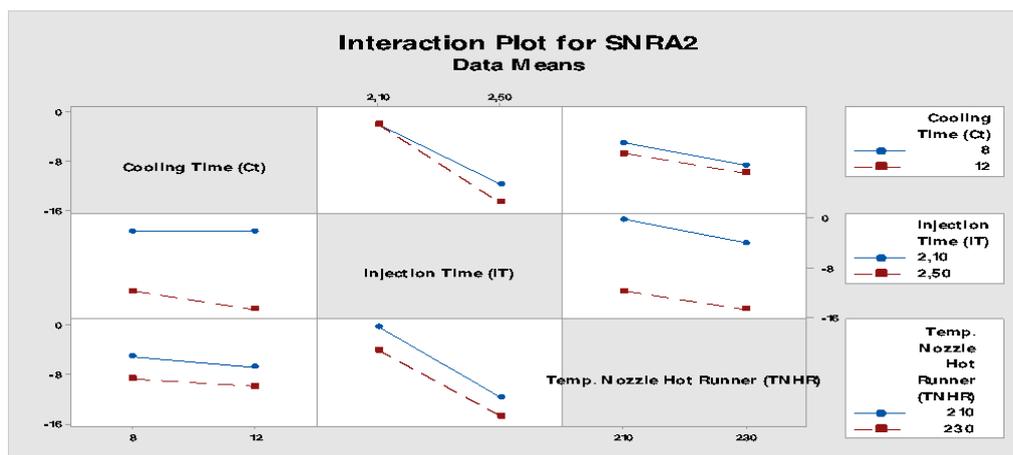
Level	Cooling Time (Ct)	Injection Time (IT)	CTXIT	Temp. Nozzle Hot Runner (TNHR)	CTXTNHR	ITXTNHR
1	-9.064	-3.876	-11.071	-11.658	-9.897	-14.668
2	-11.071	-13.163	-9.064	-9.272	-10.238	-7.767
Delta	2.007	9.287	2.007	2.386	0.341	6.901
Rank	4.5	1	4.5	3	6	2

Dari hasil perhitungan efek tiap faktor pada tabel 9 dapat dibuat efek dari tiap faktor yang kemudian dapat dibaca level mana yang berpengaruh untuk setiap faktor seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Faktor Terhadap Cacat *Tailed on Top*

Gambar 6 menunjukkan faktor *injection time* memiliki pengaruh yang paling besar terhadap cacat *tailed on top*. Hal ini dilihat dari nilai slope (kemiringan) garis *injection time* pada *main effect plot* (gambar 6) paling tinggi dibandingkan dengan *cooling time* maupun *temperature nozzle hot runner*. Faktor *injection time* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap cacat *tailed on top* karena semakin cepat material diinjeksikan ke dalam *cavity* maka volume lelehan plastik yang diinjeksikan tidak melebihi kapasitas, sehingga tidak ada meterial yang berlebih. Sebaliknya, jika material plastik terlalu lama diinjeksikan kedalam *cavity* maka peluang terjadinya cacat akan meningkat akibat terjadinya penurunan viskositas. Hal ini diakibatkan karena rantai karbon pada senyawa plastik semakin pendek [7]. Faktor *Temperature nozzle hot runner* akan berpengaruh pada viskositas lelehan yang telah diinjeksikan di dalam *mold*. *Temperature* yang terlalu tinggi menyebabkan viskositas lelehan akan menurun, dengan kata lain lelehan material semakin encer [8]. Bila material memiliki viskositas yang rendah maka resiko terjadinya cacat akan meningkat [10].



Gambar 7. Grafik pengaruh Interaksi Faktor Terhadap Cacat *Tailed on Top*

Gambar 7 menunjukkan plot interaksi antar faktor yang akan dipilih untuk mendapatkan cacat *tailed on top* terendah, hal ini dapat dilihat dari grafik antar faktor yang tidak saling berimpitan. Interaksi keseluruhan antar faktor memiliki pengaruh signifikan, hal ini terlihat

antara faktor *cooling time* dengan *injection time*, *cooling time* dengan *temperature nozzle hot runner*, *injection time* dengan *temperature nozzle hot runner* menghasilkan grafik yang tidak saling berimpitan dan terdapat perubahan pada jumlah cacat.

Dari grafik pada gambar 6 dapat diketahui bahwa kombinasi parameter yang tepat untuk memperoleh jumlah cacat terendah sebesar 0% adalah dengan menggunakan faktor *cooling time* sebesar 8 detik, *injection time* sebesar 2,10 detik dan *temperature nozzle hot runner* sebesar 210°C.

Kesimpulan

Optimasi proses produksi dapat dilakukan dengan pengaturan parameter *setting* injeksi yang tepat melalui rancangan metode *taguchi*. Untuk memperoleh Waktu siklus yang optimal dan pengurangan jumlah cacat *tailed on top* adalah dengan pemilihan kombinasi parameter waktu pendinginan (*cooling time*) sebesar 8 detik, waktu injeksi (*injection time*) sebesar 2,10 detik dan *temperatur nozzle hot runner* sebesar 230°C, menghasilkan nilai waktu siklus sebesar 17,11 detik dan persentase cacat 1,56%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada pihak PT Jayatama Selaras dan Politeknik ATK Yogyakarta yang telah mendukung dan memberikan izin untuk melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Perindustrian, "Industri Kemasan Plastik Jadi Rantai Pasok Penting Sektor Lain", <https://www.kemenperin.go.id/artikel/16971/Inustri-Kemasan-Plastik-Jadi-Rantai-Pasok-Penting-Sektor-Lain>. [Diakses pada 13 Juni 2024]
- [2] Nekere, M. L. and Ajit P. S., "Optimization Of Aluminium Blank Sand Casting Process By Using Taguchi's Robust Design Method", *International Journal for Quality research*, 6(1): 81-9, 2012.
- [3] Muttaqin, B. I. A, "Telaah Kajian dan Literature Review Design of Experiment (DoE)", *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, 1 (1): 33–40, 2019.
- [4] Prasanko, A. W., Dwi D., and Agus T., "Analisis Parameter Injection Molding Terhadap Waktu Siklus Dan Cacat Flash Produk Tutup Botol 180 Ml Menggunakan Metode Taguchi", *Jurnal Rotor*, 10(1): 45-50, 2017.
- [5] San, S. T. G. S., and Henry M., "Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kursi dengan Proses Injection Molding", Seminar Nasional Teknik Mesin, (2010).
- [6] Budiono, A. K., "Evaluasi Kemampuan Inspeksi Pekerja dan Penurunan Produk Cacat di Area Injection Molding PT. X", *Jurnal Titra*, 5(2): 263-270, 2017.
- [7] Selpiana, Prahady S., Lia C., Rizka W. P., Omar I., and Dedek O., "Pengaruh Waktu Dan Temperatur Terhadap Sifat Fisik Cairan Hasil Proses Perengkahan Limbah Plastik Jenis Expanded Polystyrene", *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 30(2): 123-130, 2019.
- [8] Manurung, L. S., and Hendar S., "Design and Build Up The Stirrer Viscometer", *Jurnal Geliga Sains*, 6(2): 98-104, 2018.