

Minimasi Cacat *Sink mark* Pada Proses Injeksi *Molding* Produk T-Valve Female GeNose C19

Adhi Setya Utama ¹, Nicolas Axel Reyhan Widyasmara ²

^{1,2)} Program Studi Perancangan Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Adisucipto/ Jl. Mojo No.1 Surakarta

Email: setya.hutama@atmi.ac.id, nicholas.20175026@student.atmi.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan kualitas suatu produk merupakan suatu hal yang memegang peranan penting dalam dunia industri manufaktur untuk menjaga kelangsungan proses produksi dan meningkatkan keuntungan perusahaan. Seiring dengan perkembangan wabah Covid-19 di masa pandemi, telah ada alat skrining Covid-19 dengan tingkat akurasi yang tinggi yaitu 93-95% bernama GeNose C19. Terdapat cacat produk yang dominan pada proses produksi GeNose C19 yaitu cacat *sink mark* sebesar 1,10%. Kajian meminimalisir cacat *sink mark* pada proses *injection moulding* produk T-Valve Female GeNose C19 bertujuan untuk mendapatkan parameter yang tepat untuk mengurangi cacat *sink mark* yang timbul pada proses produksi dengan menggunakan simulasi *moldflow* dan metode Taguchi. Berdasarkan data ketika proses produksi, ditemukan faktor-faktor yang mempengaruhi cacat *sink mark* pada proses produksi, yaitu *holding time*, *melt temperature*, dan *mold temperature*. Kemudian data tersebut diolah dan disimulasikan menggunakan *software moldflow* untuk menentukan sampel hasil dari analisis. Berdasarkan hasil percobaan analisis aliran cetakan, terdapat variabel yang mempengaruhi bahwa kombinasi waktu penahanan (2 s), suhu leleh (40 °C), dan suhu cetakan (220 °C) dan nilai aktual 0,039 mm mendekati dengan nilai prediksi 0,035 mm. Data produksi T-Valve Female GeNose C19 Juni 2021, cacat *sink mark* mengalami penurunan sebesar 0,06%, hal ini membuktikan sesuai dengan manfaat penelitian untuk meminimalkan *sink mark* untuk menurunkan tingkat reject pada kisaran 0,08-0,05%.

Kata kunci: Product Quality, Sink Mark, Injection *Molding*, Taguchi Method

ABSTRACT

Improving the quality of a product is something that plays an important role in the world of the manufacturing industry to maintain the continuity of the production process and increase company profits. Along with the development of the Covid-19 outbreak during the pandemic, there has been a Covid-19 screening tool with a high accuracy rate of 93-95% named GeNose C19. There is a dominant product defect in the GeNose C19 production process, namely the sink mark defect of 1.10%. The study of minimizing sink mark defects in the injection moulding process of the T-Valve Female GeNose C19 product aims to obtain the right parameters to reduce sink mark defects that arise in the production process by using moldflow simulation and the Taguchi method. The field survey found factors that affect sink mark defects in the production process, namely holding time, melt temperature, and mold temperature. Then the data was processed and simulated using moldflow software to determine the sample results from the analysis. Based on the experimental results of moldflow analysis, there are variables that influence that the combination of holding time (2 s), melt temperature (40°C), and mold temperature (220°C) and the actual value of 0.039 mm is close to the predicted value of 0.035 mm. Production data of T-Valve Female GeNose C19 in June 2021, sink mark defects decreased by 0.06%, proving that it is in accordance with the benefits of research to minimize sink marks to reduce the reject rate in the range of 0.08-0.05%.

Keywords: Product Quality, Sink Mark, Injection *Molding*, Taguchi Method,

I. Pendahuluan

Wabah Covid-19 terus berkembang dalam masa pandemi, dari bulan Maret 2020 sampai bulan Maret 2021 terdapat kurang lebih 1,5 juta kasus Covid-19 (Analisa Data Covid-19 Indonesia, [1]). Seiring dengan perkembangan kasus Covid, dan mahalnya alat untuk *screening* Covid-19, beberapa inovator telah membuat sebuah alat bernama GeNose19, sebagai alternatif alat *screening*. Tingkat akurasi dari GeNose juga mencapai 93-95%, dan dapat dinyatakan keakuratannya (Ditpui, [2]).

Alat tes GeNose C19 saat ini diproduksi oleh lima perusahaan di Indonesia, salah satunya adalah PT. XYZ. Perusahaan tersebut membuat bagian pada bagian pipe T-Valve dan kerangka mesin deteksi Covid-19. Proses produksi pipe T-Valve untuk produk GeNose C19 menggunakan proses injeksi *molding*. Djunarso [3] menyatakan bahwa injeksi *molding* merupakan suatu proses pembentukan komponen atau produk menggunakan bahan baku bijih plastik yang dipanaskan pada suhu tertentu hingga meleleh kemudian diinjeksikan ke dalam cetakan. Injeksi *molding* sangat cocok untuk pembuatan komponen plastik yang diproduksi secara massal dalam jumlah besar. Anisa [4] mengemukakan bahwa pada saat proses pembentukan produk plastik menggunakan metode injeksi *molding* tidak lepas dari cacat produk seperti *short shot, flash, sink mark, flow mark, black spot, warpage, colour streaks* yang terjadi pada bagian-bagian tertentu suatu produk. Produksi T-Valve Female GeNose C19 dilakukan pada mesin injeksi nomor 16 NISSEI 80 Ton, proses produksi T-Valve Female GeNose C19 menggunakan material PP HI10HO, material tersebut sudah sesuai dengan aturan FDA (Food and Drug Administration) 21CFR177.1520. T-Valve Female GeNose C19 merupakan komponen dari bagian T-Valve. Komponen T-Valve Female berbentuk seperti simbol tambah atau plus, T-Valve Female berfungsi sebagai pipa penghubung antara komponen Adapter dengan Airbag, selain itu, T-Valve Female GeNose C19 juga berpasangan dengan T-Valve Male GeNose C19 (yang berwarna biru), berfungsi sebagai pembuka dan penutup udara yang ada pada *Airbag*. Komponen aksesoris GeNose C19 ditampilkan pada Gambar 1. sebagai berikut:



Gambar 1. Aksesoris *GeNose C19* (Dok. Pribadi)

Data yang didapatkan pada bulan Januari - Februari 2021 dari Departemen Produksi perusahaan terkait cacat produk adalah 1,7%, sedangkan batas yang diijinkan dari perusahaan adalah 0,5%. Berdasarkan data yang diperoleh, maka fokus penelitian terdapat pada pengoptimalan parameter injeksi, sehingga dapat mengurangi cacat produk *sink mark*. *Widyatmoko* [5] menyatakan bahwa *sink mark* merupakan cekungan atau lengkungan yang terjadi pada permukaan luar pada komponen yang dibentuk dan dapat juga berarti perbedaan ketebalan pada permukaan benda.

Cacat atau *defect* produk T-Valve GeNose C19 dianalisis menggunakan *software Moldflow* dan metode Taguchi. Hayu [6] menyatakan bahwa penggunaan *software analisis moldflow* digunakan untuk menemukan parameter ideal yang akan digunakan saat melakukan percobaan, sedangkan metode Taguchi bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan eksperimen seminimal mungkin (Hapsari *et al.*, [7]). sehingga diharapkan ditemukan komposisi parameter dengan percobaan yang sedikit dan optimal dalam meminimalisasi persentase cacat pada produk T-Valve Female GeNose C19.

II. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Software moldflow digunakan untuk mengetahui pendekatan parameter yang digunakan sehingga menghasilkan proses injeksi yang optimal. *Software Minitab 17* digunakan untuk menganalisis parameter yang paling optimal yang direkomendasikan (Pamasaria *et al.*, [8]). Mesin Injeksi yang digunakan adalah

NISSEI 80 Ton, dan material PP HI10HO. Pengukuran dimensi spesimen menggunakan mesin milling Aciera dan dial indicator merk mitutoyo untuk mengetahui kerataan permukaan produk.

Metode

Proses penelitian diawali dengan melakukan simulasi menggunakan *software moldflow* agar didapatkan pendekatan parameter yang optimal, setelah dilakukan simulasi kemudian data di input menggunakan *Minitab 17* menggunakan metode Taguchi yang diuraikan sebagai berikut:

1) Metode Taguchi

Penelitian untuk meminimasi cacat *sink mark* pada proses injeksi *molding* produk *T-Valve Female GeNose C19* menggunakan metode Taguchi, diharapkan dapat menurunkan nilai *reject rate* serta dapat menekan penggunaan biaya dan bahan eksperimen. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*. Metode Taguchi merupakan bagian dari *DoE (Design of Experiment)*, yaitu dengan melakukan percobaan proses injeksi *molding* menggunakan macam varian pengaturan parameter pada proses penelitian untuk didapatkan hasil optimum dalam meminimasi cacat produk (Nugroho *et al.*, [9]). Langkah-langkah dalam penelitian menggunakan metode Taguchi sebagai berikut:

a. Penentuan parameter dan level.

Terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi cacat produk, antara lain holding time, mold temperature, dan melt temperature. Setiap parameter ditentukan tiga level (low, medium, high), dan penentuan level didasarkan pada data *sheet material* jenis PP (Tabel 1.)

Tabel 1. Parameter dan Level

Parameter	Level		
	Low	Medium	High
Holding Time	1	2	3
Mold Temperature	30	35	40
Melt Temperature	220	250	280

b. Penentuan jumlah eksperimen

Penentuan jumlah eksperimen ditentukan oleh *orthogonal array* yang berdasarkan pada jumlah parameter dan level pada setiap parameter tersebut (Ross., [10]). Tabel 1. dijelaskan bahwa pada penelitian tersebut memiliki tiga parameter dan tiga level, sehingga sesuai dengan standar *orthogonal array* yang terpilih adalah *L9. Orthogonal array L9* dijelaskan bahwa pada penelitian terdapat sembilan kali eksperimen dengan beberapa variasi untuk setiap level parameternya (Tabel 2.)

Tabel 2. *Orthogonal Array L9*

Eksperimen	Holding Time	Mold Temp	Melt Temp
1	1	30	220
2	1	35	250
3	1	40	280
4	1,5	30	250
5	1,5	35	280
6	1,5	40	220
7	2	30	280
8	2	35	220
9	2	40	250

c. Penentuan Karakteristik Mutu

Karakteristik mutu pada desain percobaan atau eksperimen Taguchi digunakan *Signal to Noise Ratio (S/N)*. S/N dilakukan menentukan *Mean Square Deviation (MSD)* dari percobaan, karena data pada eksperimen bernilai positif dan karakteristik mutunya tidak negatif maka pada analisis karakteristik mutu pada data penelitian menggunakan persamaan *smaller the better* (Baskoro, [11]), dan penjabarannya adalah sebagai berikut :

$$\eta = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n Y_i^2 \right)$$

Ket: η = Signal to Ratio n =Jumlah pengulangan eksperimen Y_i = Data pengamatan ke- i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

Smaller the better adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai nol dan non negatif sehingga nilai yang semakin kecil atau mendekati nol adalah nilai yang diinginkan (Hutama, [12]).

2) Simulasi *Moldflow*

Simulasi *Moldflow* bertujuan untuk mendapatkan pendekatan parameter untuk melakukan eksperimen dalam penelitian minimasi cacat *sink mark* pada proses injeksi *molding* produk *T-Valve Female GeNose C19*. Simulasi *moldflow* terdapat tiga hal penting yaitu proses verifikasi, penentuan siklus analisis dan komputasi. Tahapan simulasi *moldflow* membutuhkan waktu yang lama, segala kondisi dan parameter dibuat mendekati realita sehingga memberikan verifikasi hasil aktual. Riyanto, [13] menjelaskan langkah-langkah proses persiapan pengolahan data dengan menggunakan *software moldflow dual-domain*, dan sebagai berikut:

- a. Membuat *new project* dan *import part*
Tahap pembuatan *new project* dan *import part* mempersiapkan model produk *3D T-Valve Female GeNose C19* dengan *software CAD* dan di-import ke *Autodesk Simulation Moldflow Synergy 2015* sebagai study (*.sdy). *File project* disiapkan sebagai tempat menyimpan hasil analisis dan semua data yang dibuat, kemudian menentukan tipe *meshing* yang digunakan. Dalam penelitian tersebut digunakan *dual-domain* dengan unit satuan milimeter.
- b. *Meshing* model dan pemeriksaan *error*
Meshing model membagi model menjadi elemen-elemen yang lebih kecil untuk mempermudah pengukuran dan simulasi. Kesalahan dapat terjadi karena ada *intersection* detail dan *aspect ratio* yang jelek. Perbaikan *aspect ratio* dilakukan-bagian bagian yang telah ditandai dan mempunyai *potential error*. Ketebalan model juga perlu dicek, karena kadang tidak sesuai dengan tebal model yang sesungguhnya.
- c. Pemilihan material plastik
Pemilihan material plastik diambil dari *bank data* dan dimasukkan ke dalam study. Pemilihan material yang berbeda tentu mempengaruhi perbedaan hasil. Data material berpengaruh pada suhu leleh, suhu mold, viskositas material dan spesifikasi lainnya
- d. Pemilihan lokasi *gate*
Penempatan lokasi *gate* sangat penting, karena saluran tersebut menghubungkan antara *cavity* dan *runner system*. Simulasi *sequence moldflow* memberi rekomendasi yang paling efektif mengenai lokasi *gate* yang menjadi acuan untuk membuat *runner systemnya*.
- e. Simulasi *fast fill* dan *molding window*
Simulasi *fast fill* bertujuan untuk melihat proses yang telah dilakukan sudah benar atau belum. Kesalahan yang terjadi menunjukkan bahwa proses *meshing* yang belum benar atau lokasi *gate* yang kurang sesuai. Analisis dilakukan tanpa *runner system* dan mengabaikan beberapa parameter, hanya untuk melihat apakah proses analisis bisa dilanjutkan. Simulasi *molding window* bertujuan untuk memeriksa kondisi optimal *molding* yang dapat digunakan untuk analisis dan jendela area proses, yang menjadi dasar *finite element analysis* dan jendela area proses, sehingga proses simulasi bisa berjalan dengan baik dan stabil.

III. Hasil dan Pembahasan

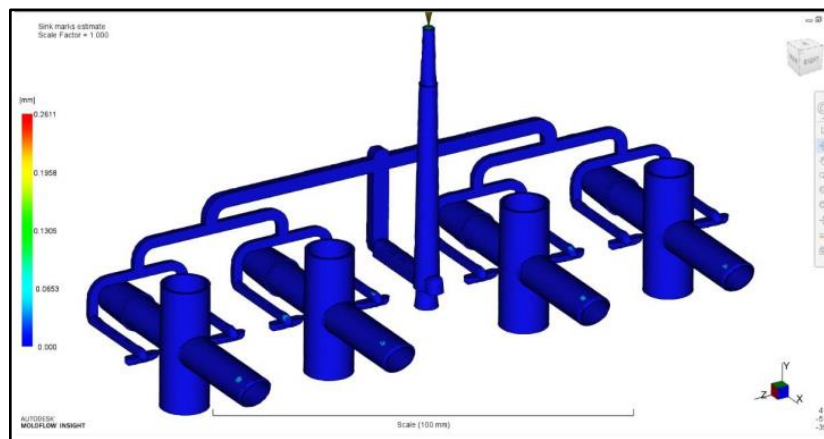
Analisa Simulasi *Moldflow*

Orthogonal array L9 digunakan pada simulasi *moldflow*, tujuannya adalah agar didapatkan hasil yang mendekati target (meminimalkan cacat *sinkmark* kurang dari 5%). Pada Tabel 3. merupakan hasil simulasi dari *mold flow* yang didasarkan pada *orthogonal array* L9, dan respon atau target dari eksperimen adalah minimasi *sinkmark*.

Tabel 3. Hasil simulasi *Moldflow*

No. Eksperimen	Parameter			Hasil Percobaan (mm)		
	Holding Time (s)	Mold Temperature (°C)	Melt Temperature (°C)	Min	Max	Mean
1	1	30	220	0,030	0,080	0,040
2	1	35	250	0,033	0,100	0,053
3	1	40	280	0,041	0,122	0,066
4	1,5	30	250	0,041	0,121	0,060
5	1,5	35	280	0,033	0,097	0,052
6	1,5	40	220	0,018	0,070	0,035
7	2	30	280	0,039	0,116	0,034
8	2	35	220	0,032	0,094	0,051
9	2	40	250	0,017	0,069	0,062

Berdasarkan Tabel 3., hasil simulasi *mold flow* didapatkan bahwa pada eksperimen ke tujuh memiliki nilai *sinkmark* terkecil dengan nilai nominal rata-rata 0,034 mm, serta dapat dilihat pada Gambar 2. bahwa cacat produk pada simulasi juga tidak terlihat.



Gambar 2. Hasil simulasi *mold flow* pada eksperimen ke tujuh

Analisa *Signal to Noise Ratio* dan *Mean*

Signal to noise ratio dan *Mean* digunakan untuk untuk mengetahui parameter optimal dan parameter paling mempengaruhi. Pada Tabel 4. dan Tabel 5. dijelaskan bahwa parameter yang mempengaruhi adalah *melt temperature*. Serta terkait dengan parameter optimal pada mesin injeksi adalah *holding time* dua detik, *mold temperature* adalah 40 celcius, dan *melt temperature* adalah 220 celcius.

Tabel 4. *Response for Signal to Noise Ratio*

Level	Holding Time(s)	Mold Temperature (mm/s)	Melt Temperature (°C)
1	25,69	25,52	27,64
2	26,41	25,68	26,44
3	26,46	27,37	24,48
Delta	0,76	1,85	3,16
Rank	3	2	1

Tabel 5. *Response for means*

Level	Holding Time(s)	Mold Temperature (mm/s)	Melt Temperature (°C)
1	0,05300	0,05400	0,04200
2	0,04900	0,05200	0,04900
3	0,04900	0,04500	0,06000
Delta	0,00400	0,00900	0,01800
Rank	3	2	1

Prediksi dan hasil validasi

Level parameter yang diberikan oleh Taguchi lewat *software minitab 17* merupakan level parameter prediksi. Pada tabel 6 dijelaskan bahwa jika menggunakan level parameter tersebut, maka didapatkan nilai prediksi sebesar 0,035 mm.

Tabel 6. *Setting parameter yang direkomendasikan*

<i>Mean prediction</i>	
Parameter	Mean (mm)
Rata-rata mean	0,050
A3	0,049
B3	0,045
C1	0,042
Nilai Prediksi	0,035

Perubahan pengaturan parameter optimal untuk produksi *T-Valve Female GeNose C19* telah dilakukan pada awal bulan Juni 2021 (Tabel 7), dengan rentang waktu satu bulan dari waktu percobaan telah didapatkan hasil untuk penelitian minimasi cacat *sink mark* pada produk *T-Valve Female GeNose C19* sebagai berikut.

Tabel 7. menampilkan data hasil produksi produk *T-valve Female Genose C19* pada mesin Nissei 80 Ton di bulan Juni 2021, dapat dilihat pada Tabel 3.5 memiliki akumulasi presentase *reject* khususnya cacat *sink mark* selama bulan Juni 2021 sebesar 0,06% dengan rincian cacat pada 2 Juni 2021 sebesar 0,25%, tanggal 5 Juni 201 sebesar 0,39%, tanggal 7 Juni 2021 sebesar 0,09%, tanggal 9 Juni 2021 sebesar 0,02%, tanggal 12 Juni 2021 sebesar 0,15%, tanggal 15 Juni 2021 sebesar 0,40%, tanggal 19 Juni 2021 sebesar 0,10%, tanggal 25 Juni 2021 sebesar 0,15%, dan tanggal 28 Juni 2021 sebesar 0,08%

Tabel 7 Data Hasil Produksi Bulan Juni 2021

TANGGAL	NAMA PRODUK	TARGET AKTUAL	HASIL	NG	%NG	KETERANGAN
01/06/2021	T VALVE FEMALE	13482	13482	0	0,00%	LANCAR
02/06/2021	T VALVE FEMALE	12928	12960	32	0,25%	SINK MARK
03/06/2021	T VALVE FEMALE	12684	12684	0	0,00%	LANCAR
04/06/2021	T VALVE FEMALE	13248	13248	0	0,00%	LANCAR
05/06/2021	T VALVE FEMALE	12989	13040	51	0,39%	SINK MARK
06/06/2021	T VALVE FEMALE	12345	12345	0	0,00%	LANCAR
07/06/2021	T VALVE FEMALE	12103	12114	11	0,09%	SINK MARK
08/06/2021	T VALVE FEMALE	12716	12716	0	0,00%	LANCAR
09/06/2021	T VALVE FEMALE	9496	9498	2	0,02%	SINK MARK
10/06/2021	T VALVE FEMALE	11320	11320	0	0,00%	LANCAR
11/06/2021	T VALVE FEMALE	13536	13536	0	0,00%	LANCAR
12/06/2021	T VALVE FEMALE	13803	13824	21	0,15%	SINK MARK
13/06/2021	T VALVE FEMALE	13316	13316	0	0,00%	LANCAR
14/06/2021	T VALVE FEMALE	12928	12928	0	0,00%	LANCAR
15/06/2021	T VALVE FEMALE	12807	12858	51	0,40%	SINK MARK
16/06/2021	T VALVE FEMALE	12672	12672	0	0,00%	LANCAR
17/06/2021	T VALVE FEMALE	12960	12960	0	0,00%	LANCAR
18/06/2021	T VALVE FEMALE	12960	12960	0	0,00%	LANCAR
19/06/2021	T VALVE FEMALE	12563	12575	12	0,10%	SINK MARK
20/06/2021	T VALVE FEMALE	11930	11930	0	0,00%	LANCAR
21/06/2021	T VALVE FEMALE	12695	12695	0	0,00%	LANCAR
22/06/2021	T VALVE FEMALE	12960	12960	0	0,00%	LANCAR
23/06/2021	T VALVE FEMALE	12384	12384	0	0,00%	LANCAR
24/06/2021	T VALVE FEMALE	12960	12960	0	0,00%	LANCAR
25/06/2021	T VALVE FEMALE	11774	11792	18	0,15%	SINK MARK
26/06/2021	T VALVE FEMALE	13248	13248	0	0,00%	LANCAR
27/06/2021	T VALVE FEMALE	12268	12268	0	0,00%	LANCAR
28/06/2021	T VALVE FEMALE	13237	13248	11	0,08%	SINK MARK
29/06/2021	T VALVE FEMALE	12450	12450	0	0,00%	LANCAR
30/06/2021	T VALVE FEMALE	12758	12758	0	0,00%	LANCAR
TOTAL		379520	379729	209	0,06%	SINK MARK

IV. Simpulan

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan pada produk *T-Valve Female GeNose C19*, dapat diambil kesimpulan berdasarkan analisa yang telah dilakukan menggunakan *software moldflow* dan *minitab 17* parameter optimal yang diperoleh adalah Holding Time sebesar 2 sekon, *Mold Temperature* 40°C, serta *Melt Temperature* sebesar 220°C. Nilai prediksi dan nilai mean aktual yang di dapat dari total 20 produk hasil verifikasi percobaan sudah sesuai karena nilai aktual yang keluar adalah sebesar 0,039 mm dapat dikatakan mendekati nilai prediksi yaitu 0,035 mm. Data produksi *T-Valve Female GeNose C19* pada bulan Juni 2021 mengalami penurunan sebesar 1,04% untuk cacat *sink mark*, hal tersebut sudah sesuai dengan manfaat penelitian minimasi *sink mark* untuk menurunkan *reject rate* pada range 0,5% - 0,8%.

Saran

Hasil pembahasan mengenai penelitian minimasi cacat *sink mark* pada produk *T-Valve Female GeNose C19* telah didapatkan kesimpulannya, maka beberapa saran yang dapat diusulkan untuk pengembangan penelitian mengenai minimasi produk cacat *T-Valve Female GeNose C19*. Penelitian yang dilakukan saat ini hanya terbatas menggunakan metode taguchi, sehingga belum diketahui nilai kontribusi parameter yang paling berpengaruh dalam cacat produk yang diangkat yaitu *sink mark*, terdapat metode tambahan yang dapat digunakan untuk mengetahui lebih detail angka kontribusi dari setiap parameter seperti metode Anova. Terdapat dua macam cacat produk pada *T-Valve Female GeNose C19* yaitu *sink mark* dan *short shot*, pada penelitian tersebut sudah melakukan penelitian untuk minimasi cacat *sink mark*. Penelitian minimasi produk cacat *T-Valve Female GeNose C19* dapat dilanjutkan dengan melakukan penelitian untuk cacat *short shot* yang masih belum dilakukan penelitian. Selanjutnya dapat dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengaruh faktor lain seperti faktor diluar faktor pengaturan parameter, faktor penggantian material pada proses simulasi *Moldflow*, dan spesifikasi mesin pembanding yang digunakan dalam simulasi *Moldflow*.

V. Daftar Pustaka

1. Analisis Data COVID-19 Indonesia (Marret, 2021), retrieved from <https://covid19.go.id/id/p/berita/analisis-data-covid-19-indonesia-update-28-maret-2021>
2. Anisa, *Evaluasi dan Analisis Waste pada Proses Produksi Kemasan dengan Metode FMEA*, Skripsi, Program Studi Teknik Industri, Universitas Indonesia, 2010
3. Baskoro, C.H., *Optimasi Setting Parameter Vacuum Forming untuk Meminimalkan Defect Burning pada Produk Packaging Stroberi dengan Metode Taguchi*, Tugas Akhir, Program Studi Perancangan Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta, 2022.
4. Djunarso., *Dasar Mold Design*, ATMI Press, Surakarta, 2011.
5. FAQ Genose C19 (Januari, 2021), retrieved from <https://ditpui.ugm.ac.id/faq/>
6. Hapsari, F.K., Putra, W.S., Nugroho, A., Utama, A.S., and Kurniawan, P., The Effect Analysis of Wire Speed, Cycle and Break Time Interval to Tensile Strength of SUS 304 And SPHC Joint Using Cold Metal Transfer Welding Method on TruArc Weld 1000 Machine, *International Conference on Science and Technology*, Universitas Gadjah Mada, 2022.
7. Hayu, W.S., *Optimasi Parameter Injeksi Molding untuk Mengurangi Cycle Time dan Berat Produk Cone Benang dengan Metode Taguchi*, Tugas Akhir, Program Studi Perancangan Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta, 2021.
8. Utama, A.S., *Optimasi Pembuatan Biokeramik dengan Struktur Pori-pori Beraturan*, Thesis, Program Studi Teknik Industri, Universitas Gadjah Mada, 2015.
9. Nugroho, T.A., Utama, A.S., Kurniawan, P., Optimization of Vacuum Forming Parameter Settings to Minimize Burning Defect on Strawberry Packaging Products Using the Taguchi Method, *International Journal of Applied Sciences and Smart Technologies*, 4(20), 2022
10. Pamasaria, H.A., Saputra, T.H., Utama, A.S., Budiyanoro, C. Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing berbahan Plastik PP Daur Ulang dengan Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, 4(1), 2020, pp. 12-19.
11. Riyanto, S.A., *Optimalisasi Proses Injeksi Molding Menggunakan Moldflow Dual-Domain Pada Desain Base Plate*. Thesis, Program Studi Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2015.
12. Ross, P.J., *Taguchi Techniques for Quality Engineering 2nd edition*, Mc.Graw-Hill Book Company, New York, 1996
13. Widyatmoko, R.H., *Optimalisasi Parameter Injeksi untuk Minimasi Shrinkage, Sink Marks dan Warpage pada Industri Mold Modern*, Thesis, Program Studi Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2017.