

Analysis of the Effect of Runner System Layout and Melt Temperature Variations on Fill Time and Defects on Fork Spoon Combined Products with Molding Injection Process

Arif Budi Wicaksono*, Muchlis

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

*Corresponding author: arifbudi_wicaksono@uii.ac.id

Abstract. This research is related to simulation and analysis to determine the effect of variations in layout, runner system and melt temperature on filling time and defects that occur in the combined product of cutlery with the injection molding process. Layout is varied with grid and radial layouts. The runner system is varied with the H runner system and the block in the grid layout, then the radial layout is varied with the star and block runner system. Melt temperatures vary at 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C, 250 °C and 260 °C. The results show that to obtain the shortest fill time with a low defect ratio and optimum quality prediction is to use a grid layout, runner system block, and melt temperature of 250 °C. From this research, the results can be used as a comparison with the conditions, types and forms of other injection products that vary with the layout runner, temperature so that a conclusion / trend can be drawn.

Abstrak. Penelitian ini berkaitan dengan simulasi dan analisis untuk mengetahui pengaruh variasi *layout*, *runner system* dan *melt temperature* terhadap *filling time* dan cacat yang terjadi pada produk gabungan sendok garpu dengan proses injeksi *molding*. Layout divariasikan dengan *layout grid* dan *radial*. *Runner system* divariasikan dengan *runner system H* dan *block* pada *layout grid*, lalu pada *layout radial* divariasikan dengan *runner system star* dan *block*. *Melt temperature* divariasikan pada 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C, 250 °C dan 260 °C. Hasil menunjukkan bahwa *fill time* tersingkat dengan rasio cacat yang rendah dan *quality prediction* yang optimum adalah dengan menggunakan *layout grid*, *runner system block*, dan *melt temperature* 250 °C. Dari penelitian ini didapatkan hasil yang bisa digunakan oleh peneliti lain sebagai pembandingan dengan kondisi, jenis dan bentuk produk injeksi lain yang divariasikan terhadap *layout runner* dan temperatur sehingga bisa ditarik sebuah kesimpulan/tren.

Kata kunci: *Layout, runner system, filling time, injection molding.*

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Ada beberapa cara pengolahan material plastik menjadi sebuah produk salah satunya dengan metode injeksi plastik, yaitu suatu proses pembentukan komponen atau produk menggunakan bahan baku bijih plastik yang dipanaskan pada suhu tertentu hingga mencair kemudian diinjeksikan kedalam cetakan.

Pada proses injeksi plastik terdapat beberapa faktor yang menentukan hasil dari sebuah produk, salah satunya yang paling penting adalah desain *mold*. Dalam pembuatan desain *mold* terdapat beberapa parameter yang harus diperhitungkan untuk menghasilkan produk yang berkualitas seperti jenis *layout cavity* dan *core*, *runner system*, *gate location* dan jenis sistem pendingin *mold* yang digunakan, kemudian mengetahui *clamping force*, *melt temperature* dan *mold temperature*.

Sendok plastik dan garpu plastik adalah salah satu produk yang menggunakan metode injeksi

plastik. Produk ini dijumpai pada kehidupan sehari-hari, karena jumlahnya yang banyak dan harganya yang relatif terjangkau. Sekarang terdapat inovasi baru yaitu menggabungkan sendok dan garpu plastik menjadi satu, dengan adanya inovasi ini akan membantu seseorang dalam saat berpergian, berkemah atau dalam kondisi lainnya. Produk berbahan plastik sendiri memiliki jumlah produksi yang tinggi dengan harga jual yang rendah, oleh karena itu pemilihan desain *mold* khususnya desain *cavity* dan *core* yang meliputi jenis *layout* yang digunakan, *runner system* yang digunakan dan pemilihan sistem pendingin *mold* menjadi hal yang sangat penting untuk mendapatkan *filling time* yang singkat dan menghindari cacat pada produk, agar proses produksi dapat berjalan lancar dan menghasilkan produk dengan kualitas yang bagus dengan jumlah yang banyak.

Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen berbasis software, dengan metode simulasi untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing *layout runner*, *layout runner* yang paling optimum dan *melt temperature* yang optimum. Penelitian eksperimen ini menggunakan model berubah produk gabungan sendok dan garpu seperti pada Gambar 1.

Dalam melakukan analisis hal pertama adalah menentukan posisi *gate* yang optimal yaitu dari ujung sendok, tengah produk dan ujung garpu. Parameter yang digunakan berupa jenis *layout grid* dan radial, pada jenis *layout grid* menggunakan *runner system* H, block dan star sedangkan untuk jenis *layout radial* menggunakan *runner system star dan block*, variasi *melt temperature* menggunakan nilai dari 200°C, 210°C, 220°C, 230°C, 240°C, 250°C, dan 260°C. Pemilihan jenis *layout* dan *runner system* yang berbeda bertujuan untuk mengetahui perbedaan kecepatan aliran cairan plastik pada masing-masing parameter, cacat yang terjadi, *injection pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi rongga cetakan, selain itu juga untuk mendapatkan penagaturan parameter yang paling tepat dan optimal.



Gambar 1. 3D Model produk sendok dan garpu

Hasil dan Pembahasan

Lokasi *gate* sangat berpengaruh pada cacat produk yaitu cacat *air traps* dan *weld line*. Oleh karena itu, hal pertama yang dilakukan adalah memilih lokasi *gate* optimal yang akan digunakan pada analisis selanjutnya. Pada penelitian ini ada tiga lokasi *gate* yang berbeda, dari ketiga lokasi *gate* tersebut kemudian dipilih lokasi *gate* dengan rasio cacat yang kecil. Pada ketiga uji coba lokasi *gate* memiliki parameter yang sama seperti yang ditampilkan pada Tabel 1 dibawah:

Tabel 1. Parameter uji coba lokasi *gate*.

Parameter yang digunakan	
Jenis <i>gate</i>	<i>Pin</i>
Diameter <i>runner</i>	3
Jenis <i>runner</i>	<i>Circular</i>
<i>Melt temperature</i>	200 °C
<i>Mold temperature</i>	50 °C
<i>Max pressure injection</i>	200 MPa
Jumlah <i>cavity</i> dan <i>core</i>	1

1. Lokasi *gate* 1

Hasil analisis pada lokasi *gate* 1 (Gambar 2) dengan menggunakan parameter yang telah disetting menunjukkan terdapat cacat *air traps* yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan cacat *weld line* pada bagian garpu yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 2. Lokasi *gate* 1



Gambar 3. Cacat *air traps* lokasi *gate* 1



Gambar 4. Cacat *weld line* lokasi *gate 1*



Gambar 7. Cacat *weld line* lokasi *gate 2*

2. Lokasi *gate 2*

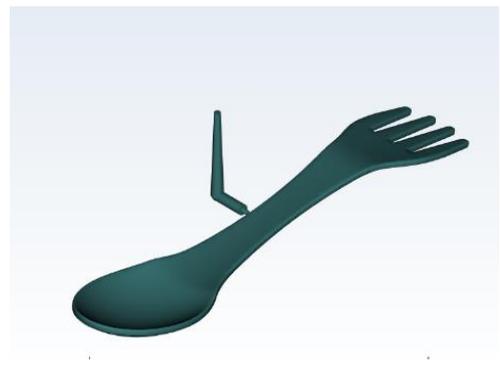
Hasil analisis pada lokasi *gate 2* (Gambar 5) dengan menggunakan parameter yang telah *disetting* menunjukkan terdapat cacat *air traps* yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan tidak terdapat cacat *weld line* yang ditunjukkan pada Gambar 7



Gambar 5. Lokasi *gate 2*.

3. Lokasi *gate 3*

Hasil analisis pada lokasi *gate 3* (Gambar 8) dengan menggunakan parameter yang telah *disetting* menunjukkan terdapat cacat *air traps* yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan cacat *weld line* pada bagian garpu yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 8. Lokasi *gate 3*.



Gambar 6. Cacat *air traps* lokasi *gate 2*.



Gambar 9. Cacat *air traps* lokasi *gate 3*.



Gambar 10. Cacat weld line lokasi gate 3.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, lokasi gate 2 merupakan posisi yang paling optimal walaupun masih terdapat cacat *air traps* tetapi tidak terdapat cacat *weld line* pada lokasi gate tersebut. Sedangkan lokasi gate pertama dan ketiga terdapat cacat *air traps* dan cacat *weld line*.

Analisis variasi *runner system* pada *layout grid* dan *layout radial* menggunakan 10 buah *cavity* yang bertujuan untuk memaksimalkan dimensi *mold*. Analisis tersebut bertujuan untuk mendapatkan *layout* yang paling optimal dengan *fill time* yang cepat, cacat *weld line* dengan rasio terkecil dan *injection pressure* yang rendah.

a. Variasi *runner system* pada *layout Grid*

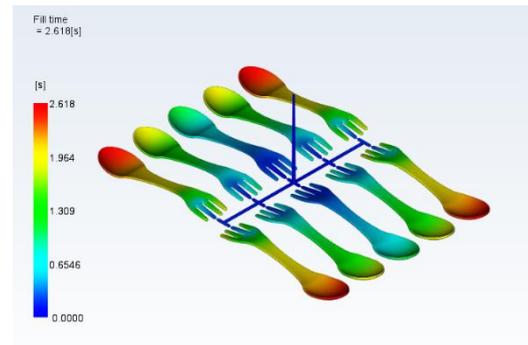
Hasil analisis *fill time*, *injection pressure*, *quality prediction* dan cacat *weld line* pada *layout grid* menggunakan variasi *runner system* H dan *block* yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini dengan *setting* parameter konstan. Parameter yang digunakan pada analisis variasi *runner system* dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Parameter variasi *runner system* pada *layout grid*.

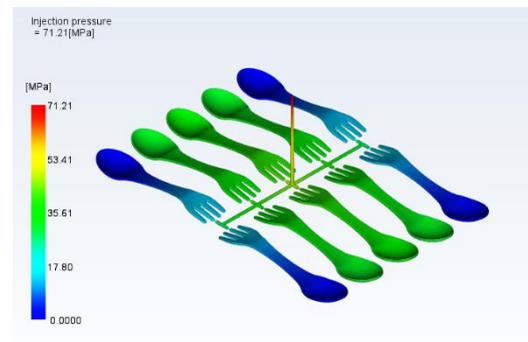
Parameter yang digunakan	
<i>layout</i>	<i>Grid</i>
<i>Layout runner</i>	H dan <i>block</i>
Jenis <i>runner</i>	<i>Circular</i>
Ukuran <i>runner</i>	Diameter 3 mm
Jumlah <i>cavity</i>	10
<i>Mold temperature</i>	50 °C
<i>Max pressure injection</i>	200 MPa
<i>Melt temperature</i>	200 °C

1. *Runner system* H

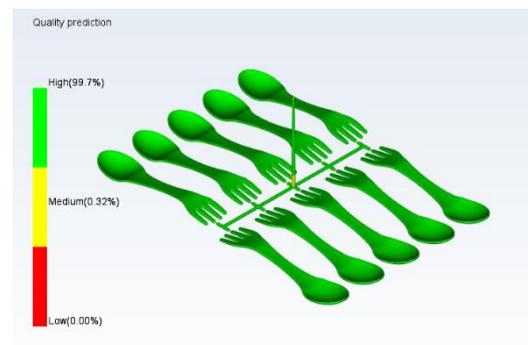
Hasil analisis pada *runner system* H menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan selama 2,618 detik seperti pada Gambar 11 dan *pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 71,21 MPa yang ditunjukkan pada Gambar 12. *Quality prediction* menunjukkan sebesar 99,7% seperti pada Gambar 13, sedangkan tidak terdapat cacat *weld line* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14 dibawah.



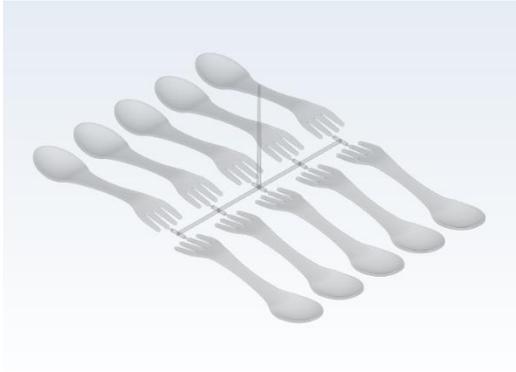
Gambar 11. *Fill time* *runner system* H.



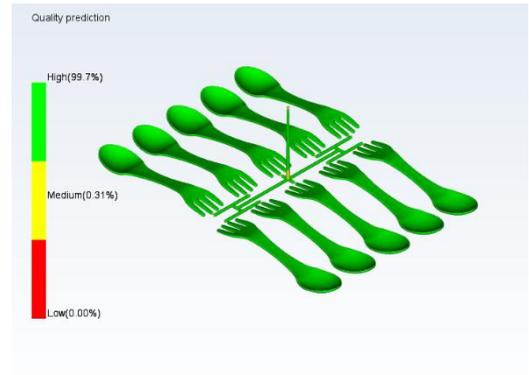
Gambar 12. *Injection pressure* *runner system* H.



Gambar 13. *Quality prediction* *runner system* H.



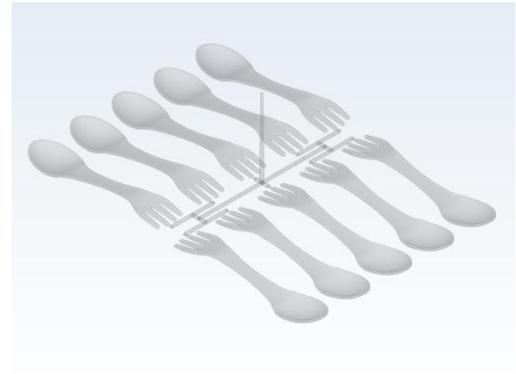
Gambar 14.2 Weld line runner system H.



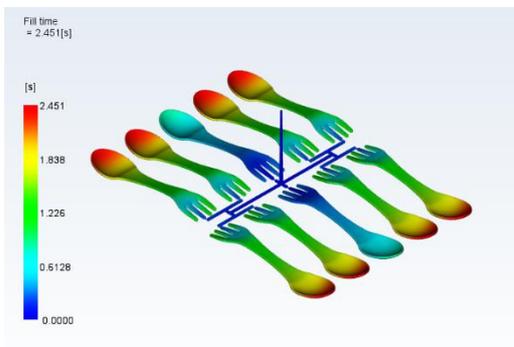
Gambar 17. Quality prediction runner system block.

2. Runner system Block

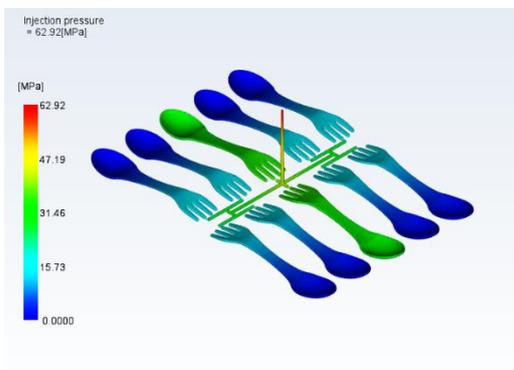
Hasil analisis pada *runner system Block* menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan selama 2,451 detik seperti pada Gambar 15 dan *pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 62,92 MPa yang ditunjukkan pada Gambar 16. *Quality prediction* menunjukkan sebesar 99,7% seperti pada Gambar 17, sedangkan tidak terdapat cacat *weld line* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18 dibawah.



Gambar 18. Weld line runner system block.



Gambar 15. Fill time runner system block.



Gambar 16. Injection pressure runner system block.

b. Variasi *runner system* pada *layout Radial*

Hasil analisis *fill time*, *injection pressure*, *quality prediction* dan cacat *weld line* pada *layout radial* menggunakan variasi *runner system star* dan *block* yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini dengan *setting* parameter konstan. Parameter yang digunakan pada analisis variasi *runner system* bisa dilihat pada Tabel 3 berikut:

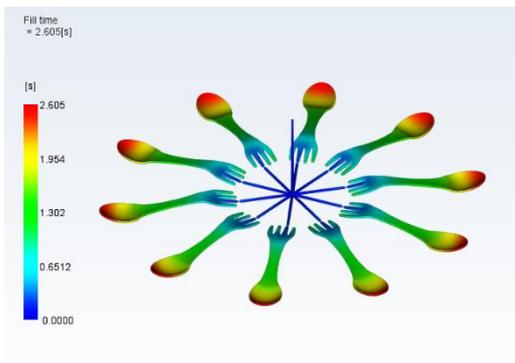
Tabel 3. Parameter variasi *runner system* pada *layout radial*.

Parameter yang digunakan	
Layout	Radial
Layout runner	Star dan block
Jenis runner	Circular
Ukuran runner	Diameter 3mm
Jumlah cavity	10
Mold temperature	50 °C
Max pressure injection	200 MPa
Melt temperature	200 °C

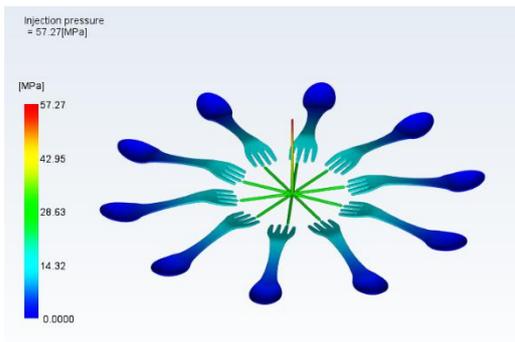
1. Runner system Star

Hasil analisis pada *runner system Star* menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan selama 2,605

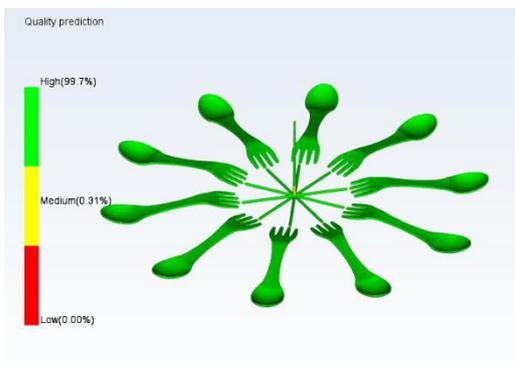
detik seperti pada Gambar 19 dan *pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 57,27 MPa yang ditunjukkan pada Gambar 20. *Quality prediction* menunjukkan sebesar 99,7% seperti pada Gambar 21, sedangkan terdapat cacat *weld line* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 22 di bawah.



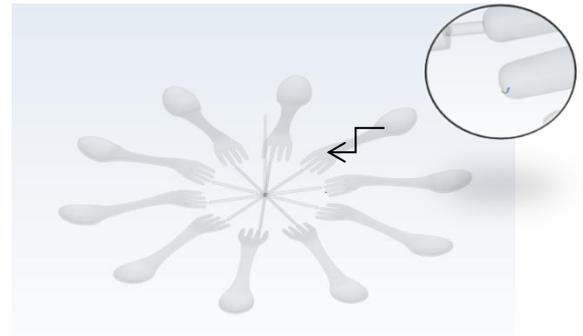
Gambar 19. *Fill time runner system star.*



Gambar 20. *Injection pressure runner system star.*



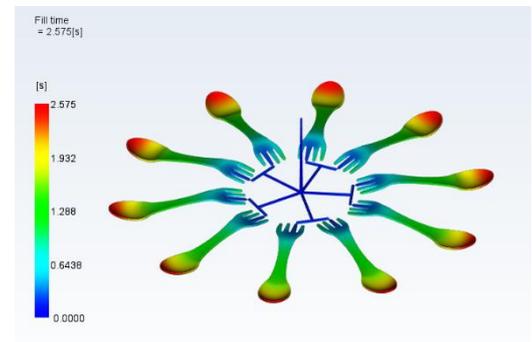
Gambar 21. *Quality prediction runner system star.*



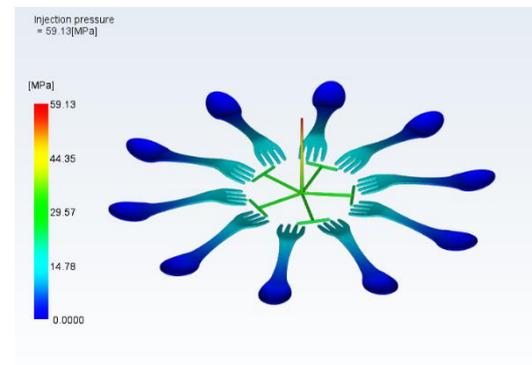
Gambar 22. *Weld line runner system star.*

2. *Runner system Block*

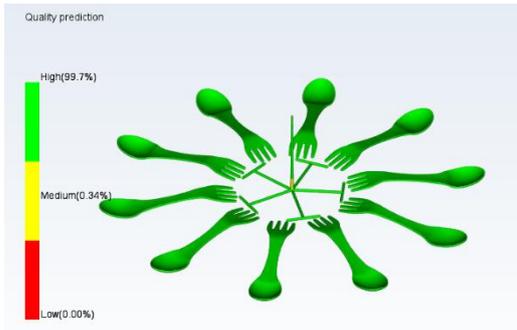
Hasil analisis pada *runner system Block* menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan selama 2,575 detik seperti pada Gambar 23 dan *pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 59,13 MPa yang ditunjukkan pada Gambar 24. *Quality prediction* menunjukkan sebesar 99,7% seperti pada Gambar 25, sedangkan terdapat cacat *weld line* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 26 di bawah.



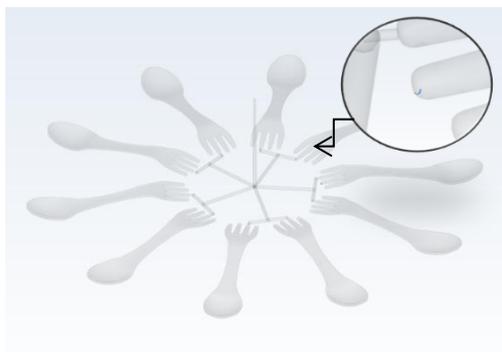
Gambar 23. *Fill time runner system block.*



Gambar 24. *Injection pressure runner system block.*



Gambar 25. Quality prediction runner system block.



Gambar 26. Weld line runner system block.

Tabel 4. Hasil analisis variasi runner system pada layout grid dan radial.

No	Hasil Analisis	Layout grid		Layout radial	
		H	Block	Star	Block
1	Filling time (s)	2,618	2,451	2,605	2,575
2	Injection pressure (MPa)	71,21	62,92	57,27	59,13
3	Quality Prediction (%)	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%
4	Weld lines	Tidak ada	Tidak ada	Ada	Ada

Dari hasil analisis yang telah dilakukan pada kedua layout dan dirangkum dalam Tabel 4. di atas dapat disimpulkan bahwa runner system block lebih optimal dari runner system H pada layout cavity grid dan runner system block lebih optimal dari runner system block pada layout cavity radial. Runner system block pada layout cavity grid memiliki waktu pengisian selama 2,451 detik, pressure yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 62,92 MPa, quality prediction menunjukkan 99,7% dan tidak terdapat cacat weld line pada runner system tersebut sedangkan runner system block pada layout cavity radial memiliki waktu

pengisian selama 2,575 detik, pressure yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 59,13 mpa, quality prediction menunjukkan 99,7% dan terdapat cacat weld line. Dari data hasil analisis layout cavity grid dengan runner system block lebih optimal karena memiliki waktu pengisian lebih cepat dari layout cavity radial dan layout cavity grid tidak terdapat cacat weld line sama sekali sedangkan pada layout cavity radial masih terdapat cacat weld line.

c. Hasil Analisis Melt Temperature

Analisis variasi melt temperature dilakukan pada runner system Block yang menggunakan layout grid dan runner system star yang menggunakan layout radial yang bertujuan untuk mendapatkan melt temperature yang optimal dengan fill time tercepat, quality prediction terbaik dan cacat dengan rasio terkecil. Pada variasi melt temperature mulai dari 200°C, 210°C, 220°C, 230°C, 240°C, 250°C dan 260°C. Parameter yang digunakan pada analisis variasi melt temperature bisa dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Parameter variasi melt temperature.

Parameter yang digunakan	
Layout	Grid
Layout runner	Block
Jenis runner	Circular
Ukuran runner	Diameter 3 mm
Jumlah cavity	10
Mold temperature	50 °C
Max pressure injection	200 MPa
Melt temperature	200°C, 210°C, 220°C, 230°C, 240°C, 250°C dan 260°C

Dari Tabel 6 diatas dapat disimpulkan melt temperature 250°C yang paling optimum karena memiliki waktu pengisian paling cepat yaitu selama 1,705 detik, pressure injection yang paling rendah yaitu sebesar 50,81 MPa dan quality prediction sebesar 99,8%. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin cepat juga waktu pengisian produk. Pada hasil analisis yang dilakukan tidak terdapat cacat short-shot. Ini disebabkan karena temperatur yang semakin tinggi akan menghasilkan produk dengan potensi terjadinya cacat short-shot semakin rendah. Setting temperatur juga tidak boleh terlalu tinggi karena akan memberikan potensi cacat lain seperti

penurunan kualitas material seperti pada variasi *melt temperature* 260°C yang memiliki *quality prediction* sebesar 32,2%.

Tabel 6. Hasil analisis variasi *melt temperature*.

No	<i>Melt temperature</i>	<i>Fill time</i>	<i>Injection pressure</i>	<i>Quality prediction</i>
1	<i>Melt temperature</i> 200°C	2,451 detik	62,92 MPa	99,7%
2	<i>Melt temperature</i> 210°C	2,331 detik	58,54 MPa	99,7%
3	<i>Melt temperature</i> 220°C	2,079 detik	56,37 MPa	99,8%
4	<i>Melt temperature</i> 230°C	1,955 detik	54,14 MPa	99,8%
5	<i>Melt temperature</i> 240°C	1,828 detik	52,40 MPa	99,8%
6	<i>Melt temperature</i> 250°C	1,705 detik	50,81 MPa	99,8%
7	<i>Melt temperature</i> 260°C	1,578 detik	49,39 MPa	32,2%

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Lokasi *gate* 2 yang berada pada ujung garpu merupakan yang paling optimal walaupun masih terdapat cacat *air traps* tetapi tidak terdapat cacat *weld line* pada lokasi *gate* tersebut. Sedangkan lokasi *gate* pertama dan ketiga terdapat cacat *air traps* dan cacat *weld line*.
2. Pada masing-masing jenis *layout* dan *runner system* memiliki karakteristik yang berbeda baik dalam waktu pengisian ke dalam cetakan, tekanan yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan dan cacat yang terjadi.
3. Jenis *layout grid* dengan *runner system block* adalah yang paling optimal karena *fill time* yang paling cepat yaitu 2,451 detik, *pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 62,92 MPa, *quality prediction* menunjukkan 99,7% dan tidak terdapat cacat *weld line*.
4. Variasi *melt temperature* 250°C dan *pressure injection* 50,81 MPa merupakan parameter yang paling optimal dengan *fill time* 1,705 detik dan *quality prediction* 99,8%.

Penghargaan

Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Saudara Muchlis yang telah banyak membantu dalam penelitian dan penulisan *paper* ini.

Referensi

- [1] Bayer Material Science. 2000. *Part and Design*. Diakses dari <https://www.bayer.com> pada 10/5/2019.
- [2] Bob Hatch. 2003. *Sizing Runner*. Diakses dari <https://www.plasticstoday.com> pada 14/5/2019.
- [3] Cahyadi, D. (2014). Analisis Parameter Operasi pada Proses Plastik Injection Moulding untuk Pengendalian Cacat Produk. *JURNAL MESIN TEKNOLOGI*, 8(2).
- [4] Darmawan, J., & Febriantoko, B. W. (2018). Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Cacat Short Shot Pada Produk Injection Molding Berbahan Polypropylene (PP).
- [5] Djunarso. (2011). *Dasar Mold Desain*. Surakarta.
- [6] Hakim, A. R. (2016). Pengaruh Suhu, Tekanan dan Waktu Pendinginan Terhadap Cacat Warpage Produk Berbahan Plastik. *Jurnal Dimensi*, 5(1).
- [7] Hedy Yeh. 2014. *Injection Mold Cavity*. Diakses dari www.plastics-mold.com pada 20/5/2019
- [8] Krisnadi, D. (2006). Penentuan Waktu Optimum Nyala Lampu Pengatur Lalu Lintas Dengan Menggunakan Simulasi.
- [9] Mujiarto, I. (2005). Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif. *JurnalTraksi*, 3(2), 11–17.
- [10] Shoemaker, J. (2006). *Moldflow design guide: a resource for plastics engineers* (Vol. 10). Hanser Verlag.
- [11] Wahjudi, D., San, G. S., & Pramono, Y. (2004). Optimasi proses injeksi dengan metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(1), 24–28.