

Pengaruh variasi *layout runner* dan *melt temperature* terhadap *fill time* dan *defect* pada proses *injection molding* sikat gigi

Arif Budi Wicaksono, Agus Surachman

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang, KM 14.5, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55584, Indonesia
Email korespondensi: arifbudi_wicaksono@uii.ac.id

Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *layout*, sistem *runner* dan suhu leleh terhadap karakteristik *layout radial* dan *grid*. Sistem *runner* divariasikan dengan dua jenis *runner* yaitu *grid* dengan *runner H* dan *Block*, *Radial* dengan *Star* dan *Block*. Suhu leleh divariasikan pada 230°C, 240°C dan 250°C. Hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan tata letak *grid* dengan sistem *block runner* dan suhu leleh 230°C dengan waktu pengisian, cacat dan prediksi kualitas optimum. Desain unit cetakan optimal dengan tata letak *grid* dan sistem *block runner* dengan dimensi 550 x 300 mm dengan kekuatan penjepit 686,72 kN. Salah satu mesin yang bisa digunakan adalah SUN-110 dengan klem depan 1000 kN.

Kata kunci: *layout*, waktu pengisian, sistem *runner*, *injection molding*, perancangan mold unit.

Abstract

This research aims to determine the influence of layout variations, runner system and melt temperature to the characteristics of radial and grid layouts. The runner system is varied with two types of runners that are grids with H and Block runners, Radial with Star and Block. Melt temperature is varied at 230°C, 240°C and 250°C. The best results are obtained using grid layout with block runner system and melt temperature at 230°C with fill time, defects and optimum quality prediction. Optimum mold unit design with grid layout and block runner system with dimensions of 550 x 300 mm with clamping force of 686.72 kN. One of the machines that can be used SUN-110 with clamp fore 1000 kN.

Keywords: Layout, fill time, runner system, injection molding, design mold unit.

1. Pendahuluan

Pada zaman modern seperti sekarang ini, banyak peralatan penunjang kebutuhan hidup yang terbuat dari plastik, ini dikarenakan material plastik yang mudah dibentuk, ringan, murah, dan tidak berbahaya [1]. Terdapat berbagai cara pengolahan bahan plastik, salah satunya yaitu injeksi plastik, yaitu salah satu proses pembuatan suatu produk dengan cara biji plastik yang dipanaskan hingga suhu tertentu sampai biji plastik meleleh, kemudian disuntikan ke dalam cetakan dan menjadi suatu produk.

Salah satu produk hasil proses injeksi plastik adalah sikat gigi, banyak sikat gigi yang kita jumpai berbahan dasar plastik, bahkan hampir semua sikat gigi berbahan dasar plastik [5-7]. Banyaknya kebutuhan sikat gigi di pasaran, maka dari itu dibutuhkan proses pembuatan sikat gigi yang cukup cepat. Penentuan desain *mold* mulai dari penentuan *cavity*, *core*, *gate*, *sprue*, *cooling system*, dan *clamping force* menjadi hal yang sangat penting dalam proses desain *molding* sikat gigi agar mendapatkan hasil produk yang optimal dan waktu cetak paling maksimal [2].

Dalam proses injeksi *molding* salah satu yang mempengaruhi hasil produk adalah desain *mold* [3]. Agar mendapat hasil yang maksimal dalam proses

desain *mold*, terdapat beberapa parameter yang harus diperhitungkan seperti bentuk *layout*, *sprue*, *gate*, dan juga dimensinya untuk mengetahui *clamp force* agar mendapatkan hasil yang optimal [8,9].

Pada kajian kali ini, dilakukan proses *refers engineering* pada produk sikat gigi untuk mengetahui metode paling tepat dalam proses produksi sikat gigi untuk produksi massal dalam suatu perusahaan, yang menjadi fokus yaitu variasi bentuk *layout* sikat gigi, variasi *layout runner*, *gate* dan suhu, agar mendapatkan *fill time* yang optimal dan hasil produk yang maksimal [4].

2. Metode

Kajian ini merupakan eksperimen berbasis *software*, dengan metode simulasi untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing *layout runner*, *layout runner* yang paling optimum dan *melt temperature* yang optimum. Kajian eksperimen ini menggunakan desain sikat gigi dengan dasar ukuran dimensi sesuai SNI seperti pada Gambar 1. Dalam melakukan analisis, hal pertama adalah menentukan posisi *gate* yang optimal yaitu dari ujung atas sikat gigi, dan ujung belakang sikat gigi. Parameter yang digunakan berupa jenis *layout* grid dan radial, pada jenis *layout grid* menggunakan *runner system H* dan *block*, sedangkan untuk jenis *layout radial*

menggunakan *runner system star dan block*, variasi *melt temperature* menggunakan nilai dari 230°C, 240°C, dan 250°C [10-13].

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 pengaturan parameter yang paling tepat dan optimal [14-17].



Gambar 1 . 3D model produk sikat gigi.

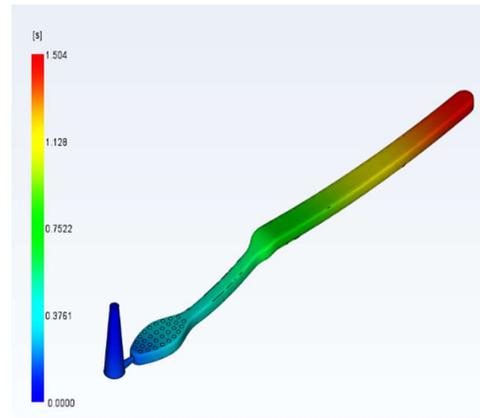
3. Hasil dan Pembahasan

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 kajian ini ada dua lokasi *gate* yang berbeda, dari kedua lokasi *gate* tersebut kemudian dipilih lokasi *gate* dengan rasio cacat yang kecil.

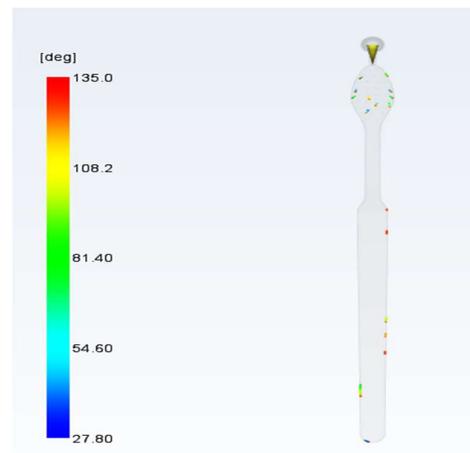
Tabel 1. Parameter uji coba lokasi gate.

Parameter yang digunakan	
Jenis <i>gate</i>	<i>Pin</i>
Jenis <i>runner</i>	<i>Circular</i>
<i>Melt temperature</i>	230°C
<i>Mold temperature</i>	50°C
<i>Max pressure injection</i>	180 MPa
Jumlah <i>cavity</i> dan <i>core</i>	1

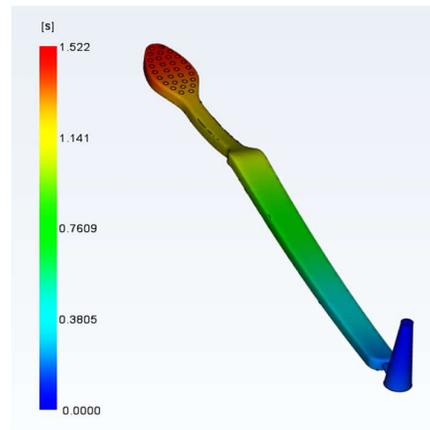
Hasil analisis pada lokasi *gate* 1 (Gambar 2) dan lokasi *gate* 2 (Gambar 4) dengan menggunakan parameter yang telah diatur sesuai Tabel 2 yang menunjukkan nilai *fill time* dan cacat *weld line* pada bagian garpu yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 5.



Gambar 2. Lokasi gate 1 dan fill time.



Gambar 3. Cacat weld line lokasi gate 1.



Gambar 4. Lokasi gate 2 dan fill time.



Gambar 5. Cacat weld line lokasi gate 2.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, lokasi *gate 2* merupakan posisi yang paling optimal karena lokasi *gate 1* daerah rawan yang mana lokasi tersebut bersentuhan langsung dengan mulut pengguna, sehingga jika terdapat bekas lokasi injeksi akan sangat bahaya. Meskipun lokasi *gate 2* lebih baik, namun nilai *fill time* akan lebih tinggi dan nilainya sangat sedikit yaitu 0,018 detik saja.

Variasi Runner System pada Layout Radial

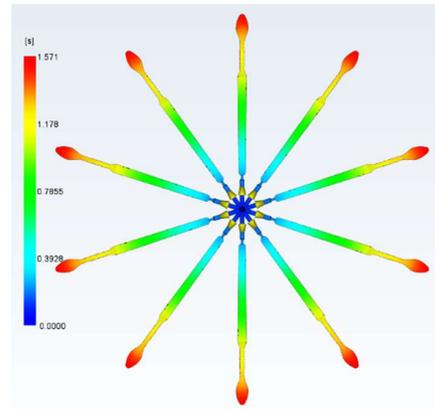
Hasil analisis *fill time*, *injection pressure*, *quality prediction* dan cacat *weld line* pada layout *Radial* menggunakan variasi *runner system star* dan *block* yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini dengan *setting* parameter konstan. Parameter yang digunakan pada analisis variasi *runner system*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

Tabel 2. Parameter variasi runner system pada layout grid.

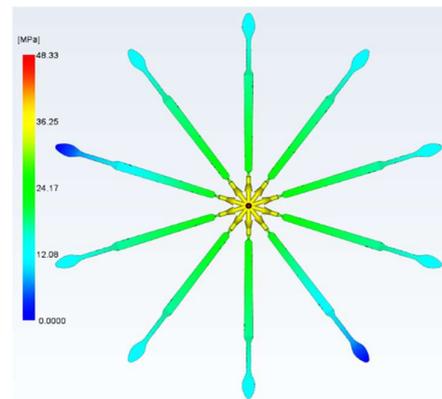
Parameter yang digunakan	
<i>Layout</i>	<i>Radial</i>
<i>Layout runner</i>	<i>star dan block</i>
<i>Jenis runner</i>	<i>Circular</i>
<i>Jumlah cavity</i>	10
<i>Mold temperature</i>	50°C
<i>Max pressure injection</i>	180 MPa
<i>Melt temperature</i>	230°C

Runner System Star

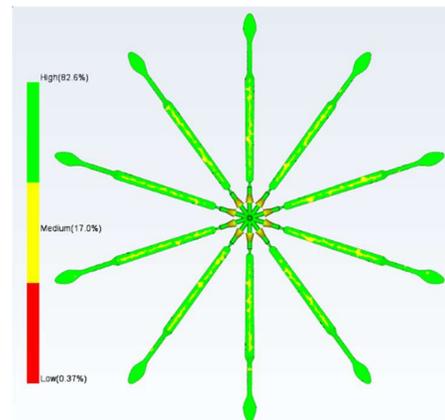
Hasil analisis pada *runner system star* menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan selama 1,571 detik seperti pada Gambar 6 dan *pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 48,33 MPa yang ditunjukkan pada Gambar 7. *Quality prediction* menunjukkan sebesar 82,6% seperti pada Gambar 8 dan terdapat cacat *weld line* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 di bawah.



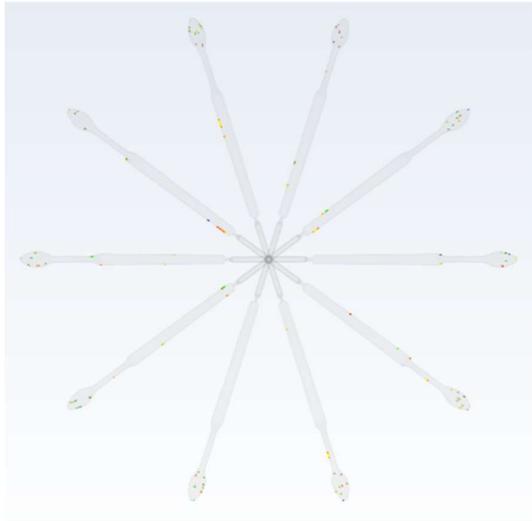
Gambar 6. Fill time runner system star.



Gambar 7. Injection pressure runner system star.



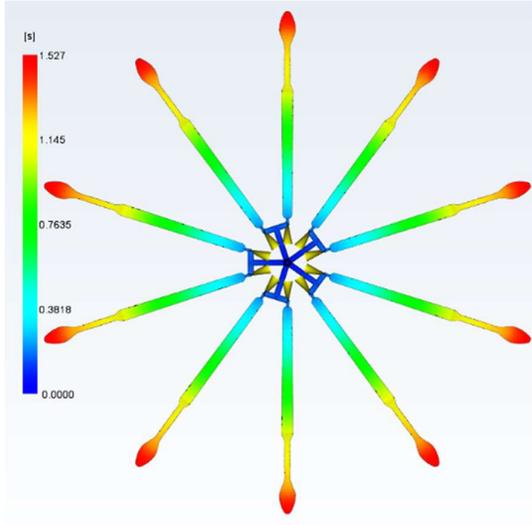
Gambar 8. Quality prediction runner system star.



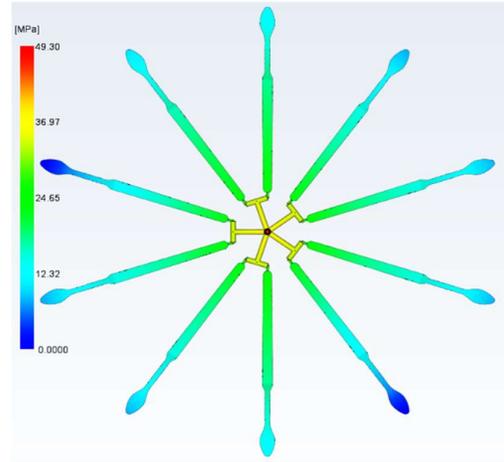
Gambar 9. Weld line runner system star.

Runner system Block

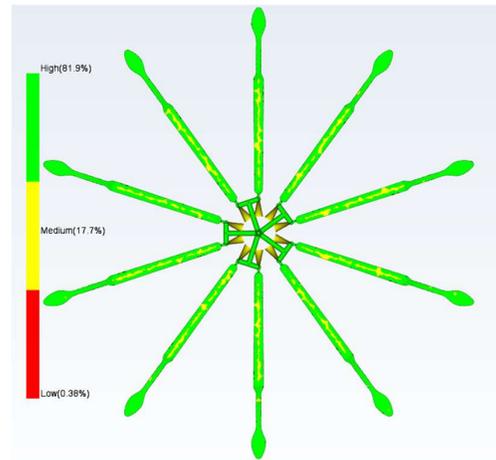
Hasil analisis pada *runner system Block* menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan selama 1,527 detik seperti pada Gambar 10 dan *pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 48,30 MPa yang ditunjukkan pada Gambar 11. *Quality prediction* menunjukkan sebesar 81,9% seperti pada Gambar 12, dan terdapat cacat *weld line* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13 di bawah ini.



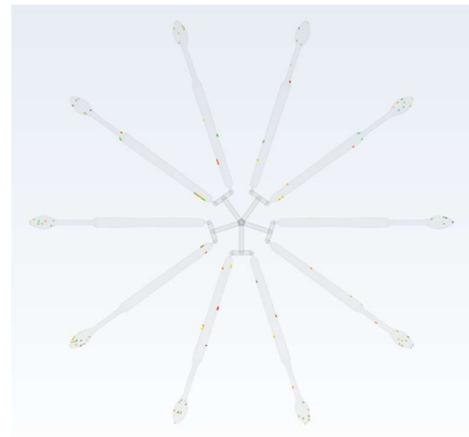
Gambar 10. Fill time runner system block.



Gambar 11. Injection pressure runner system block.



Gambar 12. Quality prediction runner system block.



Gambar 13. Weld line runner system block.

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 di bawah ini dengan *setting* parameter konstan. Parameter yang digunakan pada

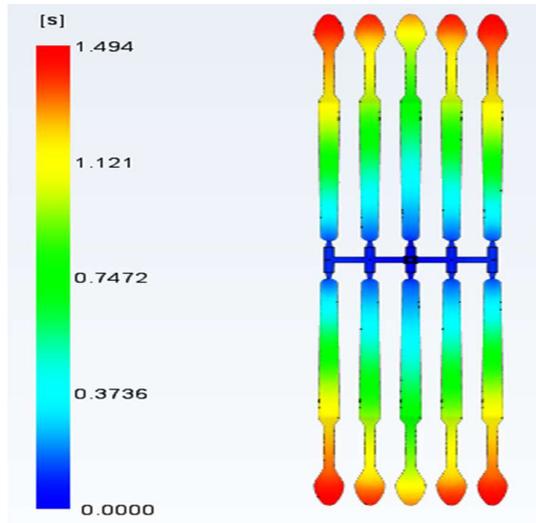
analisis variasi *runner system* bisa dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Parameter variasi runner system pada layout radial.

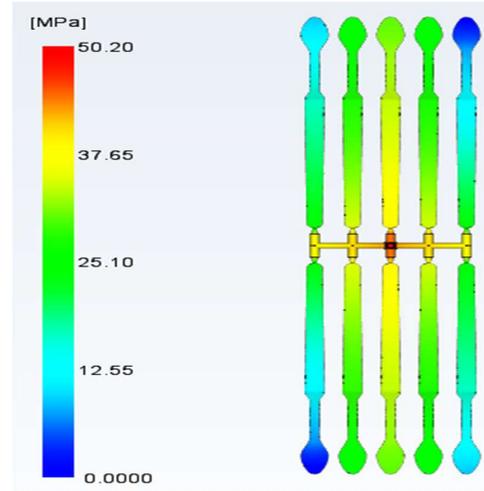
Parameter yang digunakan	
<i>Layout</i>	<i>Radial</i>
<i>Layout runner</i>	<i>Star dan block</i>
<i>Jenis runner</i>	<i>Circular</i>
<i>Ukuran runner</i>	Diameter 3 mm
<i>Jumlah cavity</i>	10
<i>Mold temperature</i>	50°C
<i>Max pressure injection</i>	180 MPa
<i>Melt temperature</i>	230°C

Runner system H

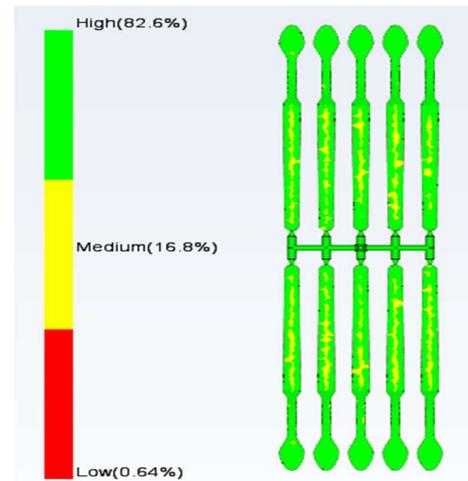
Hasil analisis pada *runner system Star* menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan selama 1,494 detik seperti pada Gambar 14 dan *pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 50,20 MPa yang ditunjukkan pada Gambar 15. *Quality prediction* menunjukkan sebesar 82,5% seperti pada Gambar 16, sedangkan terdapat cacat *weld line* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17 di bawah ini.



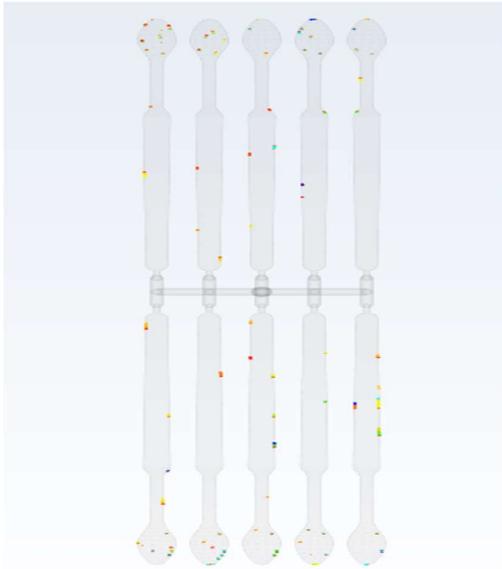
Gambar 14. Fill time runner system H.



Gambar 15. Injection pressure runner system H.



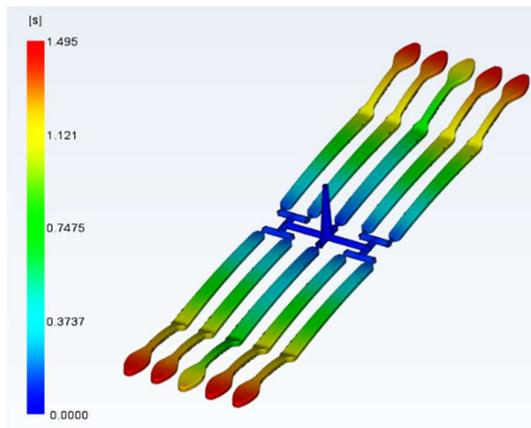
Gambar 16. Quality prediction runner system H.



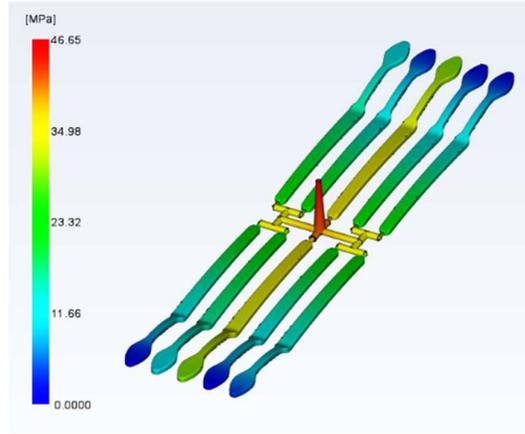
Gambar 17. Weld line runner system H.

Runner system Block

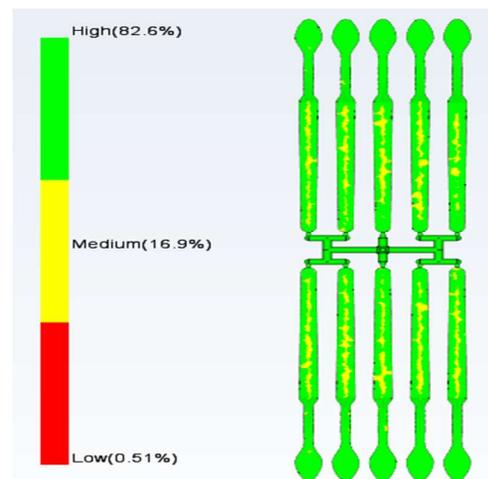
Hasil analisis pada *runner system Block* menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan selama 1,495 detik seperti pada Gambar 18 dan *pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 46,65 MPa yang ditunjukkan pada Gambar 19. *Quality prediction* menunjukkan sebesar 82.6% seperti pada Gambar 20, sedangkan terdapat cacat *weld line* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21 di bawah ini.



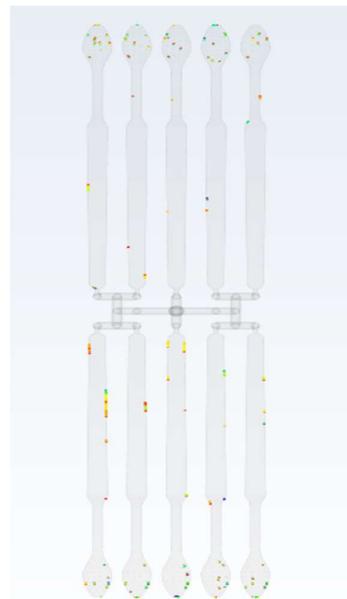
Gambar 18. Fill time runner system block.



Gambar 19. Injection pressure runner system block.



Gambar 20. Quality prediction runner system block.



Gambar 21. Weld line runner system block.

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

No	Hasil Analisis	Layout radial		Layout Grid	
		Star	Block	H	Block
1	Fillling time (s)	1.571	1.527	1.494	1.495
2	Injection pressure (MPa)	48.33	48.30	50.20	46.65
3	Quality Prediction (%)	82.6	81.9	82.5	82.6
4	Weld lines	Ada	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 star pada layout cavity radial dan runner system block lebih optimal dari runner system block pada layout cavity grid. Runner system star pada layout cavity radial memiliki waktu pengisian selama 1,571 detik, pressure yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 48,33 MPa, quality prediction menunjukkan 82,6% dan terdapat cacat weld line pada runner system tersebut, sedangkan runner system block pada layout cavity radial memiliki waktu pengisian selama 1,527 detik, pressure yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 48,30 MPa, namun quality prediction menunjukkan hanya 81,9% 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 nilai quality predictionnya lebih tinggi.

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 230°C, 240°C, dan 250°C. Parameter yang digunakan pada analisis variasi melt temperature bisa dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Parameter variasi melt temperature.

Parameter yang digunakan	
Layout	Grid
Layout runner	Block
Jenis runner	Circular
Jumlah cavity	10
Mold temperature	50°C
Max pressure injection	180 MPa
Melt temperature	230°C, 240°C, 250°C

Tabel 6. Hasil analisis variasi melt temperature.

No	Melt temperature	Fill time	Injection pressure	Quality prediction
1	Melt temperature 230°C	1.495 s	46.65 MPa	82.6 %
2	Melt temperature 240°C	1.258 s	42.32 MPa	81.5 %
3	Melt temperature 250°C	1.140 s	38.97 MPa	0.02 %

Fill time paling cepat dan injection pressure paling rendah didapatkan pada suhu 250°C. Dapat disimpulkan semakin tinggi melt temperature, maka waktu dan pressure yang diperlukan semakin rendah, namun di suhu 250°C, quality prediction sebesar 99,8% medium, ini dikarenakan waktu pendinginan yang terlalu lama karena melt temperature terlalu tinggi. Dapat disimpulkan suhu paling optimal yang didapatkan yaitu di suhu 230°C dengan fill time yang cukup cepat dan injection pressure yang rendah dengan hasil quality prediction yang paling besar dengan nilai quality prediction 82,6%.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari kajian yang telah dilakukan adalah grid layout dengan runner system block mempunyai karakteristik dengan fill time 1,495 detik, pressure yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 46,65 MPa, quality prediction menunjukkan 82,6%. Penentuan jenis layout dilakukan pada tahap awal dengan mempertimbangkan bentuk desain produk untuk mendapatkan luasan layout cavity dan core yang optimal. Melt temperature paling optimal pada suhu 230°C adalah parameter paling optimal dengan hasil fill time 1,495 detik dan tekanan yang diperlukan 46,65 MPa dengan hasil quality prediction 82,6%.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Saudara Agus Surachman yang telah banyak membantu dalam penelitian dan penulisan kajian ini, dan Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia yang telah mendukung seluruh proses dalam kajian ini.

Daftar Pustaka

- [1] D. Cahyadi. (n.d.). Analisis Pengaruh Campuran Bahan styrene acrylonitrile (San) dan acrylonitrile butadiene styrene (ABS) Terhadap Setingan Mesin Injeksi | Sintek JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/1425>

- [2] D. Cahyadi. (n.d.). Analisis parameter Operasi Pada proses Plastik injection molding Untuk Pengendalian Cacat Produk | | Sintek JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/161>.
- [3] D. Zulianto. (2015). Analisa Pengaruh Variasi Suhu Plastik Terhadap Cacat Warpage Pada Produk Injetion Molding Berbahan Polypropyhlene (Pp). Retrieved from <http://eprints.ums.ac.id/41085/5/Naskah%20publikasi.pdf>.
- [4] E. Ayu W., H. Arbiantara, & D. Dwilaksana. (2015). Optimasi desain mold untuk mereduksi cacat flash Dan shrinkage pada produk paku kotak dengan menggunakan software simulasi moldflow (Studi kasus pada pt. Prima Sakti). <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/RTR/article/view/2148>
- [5] Farotti, E., & Natalini, M. (2018). Injection Molding. Influence of process Parameters on Mechanical Properties of Polypropylene Polymer. A First Study. Departement of Industrial Engineering and Mathematical Science Universita Politecnica delle Marche.
- [6] Firdaus., & Tjitro, S. (2002). Studi Eksperimental Pengaruh Parameter Proses Pencetakan Bahan Plastik Terhadap Cacat Penyusutan (Shrinkage) pada Benda Cetak Pneumatics Holder. Jurnal Teknik Mesin, 4(2), 75-80.
- [7] I. Yulianto. (2014). Rancangan Desain Mold Produk Knob Regulator Kompor Gas Pada Proses Injection Molding. 2. Retrieved from <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaintegra/article/download/547/772>.
- [8] J. Darmawan. (2018). Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Cacat Short Shot Pada Produk Injection Molding Berbahan Polypropylene (PP). 10. (Surakarta).
- [9] M. Anwar Fathoni. (2015). Analisa Pengaruh Parameter Tekanan Terhadap Cacat Warpage Dari Produk Injection Molding Berbahan Polypropylene. 15.
- [10] M. Rizal. (2018). Pengaruh Variasi Tekanan, Temperatur, dan Ukuran Runner Terhadap Filling Time Pada Proses Injeksi Molding Produk Penghapus Whiteboard. Retrieved from <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/13202/skripsi%20tugas%20akhir%20rizalii.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. Traksi 3(2), 1-9.
- [12] Othman, M., Hasan, S., Khamis, S., Ibrahim, M., & M.Amin, S. (2017). Optimisation of Injection Moulding Parameter towards Shrinkage and Warpage for Polypropylene-Nanoclay-Gigantochloa. Advances in Material & Processing Technologies Conference.
- [13] Potsch, Gerd., & Michael, Walter. (2007). Injection Molding: An Introduction. Munich: Hanser Pub Inc.
- [14] Prasetyo, A., Fauzun., Azmi, A., Yaqin, R., dan Pranoto, S. (2020). Analisis Keseragaman Pendingin Produk Plastik Injeksi Molding dengan Variasi Sistem Pendingin. Jurnal Penelitian Saintek, 25(2), 173-183.
- [15] S.Treno. (n.d.). Jenis-Jenis Defect (Cacat) Pada Produk Injection Molding Pt. Dynaplast Tbk. Retrieved From Jenis-Jenis Defect (Cacat) Pada Produk Injection Molding Pt. Dynaplast Tbk.
- [16] Wahyudi, D., & Alimin, R. (1999). Aplikasi Rekayasa Mutu untuk Mengurangi Cacat pada Mesin Injection Molding. Jurnal Teknik Mesin, 134-142.
- [17] Zheng, R., Tanner, R. I., & Fan, X.-J. (2011). Injection molding integration of theory and modelling methods. Sydney: Springer Science & Business Media