

SIMULASI DAN ANALISIS DESAIN MOLD DENGAN SOFTWARE AUTODESK FUSION 360 UNTUK PRODUK AKSESORIS

Tri Wahyu Ridono¹, M Zaenudin¹, Adhes Gamayel¹

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta

Informasi Makalah

Dikirim, 30 September 2023.
Direvisi, 4 Januari 2024
Diterima, 9 Januari 2024

Kata Kunci:

Molding Injeksi Plastik
Aksesoris Carabiner
Quality Prediction
Fusion 360

Keyword:

Injection Plastic Molding
Carabiner Accesories
Quality Prediction
Fusion 360

INTISARI

Proses manufaktur masih terus dikembangkan, termasuk proses *injection molding*, yaitu proses manufaktur yang sering digunakan dalam produksi cetakan plastik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mengenai desain cetakan injeksi plastik melalui simulasi pada perangkat lunak Autodesk Fusion 360©. Parameter *input* yang digunakan yaitu variasi ukuran diameter *gate* sebesar 2 mm, 4 mm, dan 6 mm. Sedangkan, parameter output yang dinilai yaitu *fill time*, *injection pressure*, *quality prediction*, dan *sink mark*. Berdasarkan hasil simulasi yang sudah dilakukan, *layout runner* dan *gate* terbaik didapatkan pada Desain 1 dengan diameter *gate* 4 mm, yang nilai *quality prediction*-nya mencapai 100%. Kemudian, *quality prediction* terendah didapatkan pada Desain 1 dengan diameter *gate* sebesar 6 mm. Penelitian ini sudah berhasil mengidentifikasi parameter terbaik untuk mencetak produk asesoris berupa karabiner menggunakan teknik *injection molding*.

ABSTRACT

The manufacturing process continues to evolve, including the injection moulding process, which is commonly used in plastic mold production. This research aims to analyze the injection plastic mold design through simulation using Autodesk Fusion 360© software. The input parameters utilized are variations in gate diameter sizes of 2 mm, 4 mm, and 6 mm. Meanwhile, the evaluated output parameters include fill time, injection pressure, quality prediction, and sink mark. Based on the conducted simulation results, the optimal layout for the runner and gate is obtained in Design 1 with a 4 mm gate diameter, achieving a quality prediction value of 100%. On the other hand, the lowest quality prediction is found in Design 1 with a 6 mm gate diameter. This study has successfully identified the optimum parameters for producing accessory products such as carabiners using the injection molding technique.

Korespondensi Penulis:

M Zaenudin
Jurusan Teknik Mesin
Universitas Global Jakarta
Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia
Email: mzaenudin@jgu.ac.id

1. PENDAHULUAN

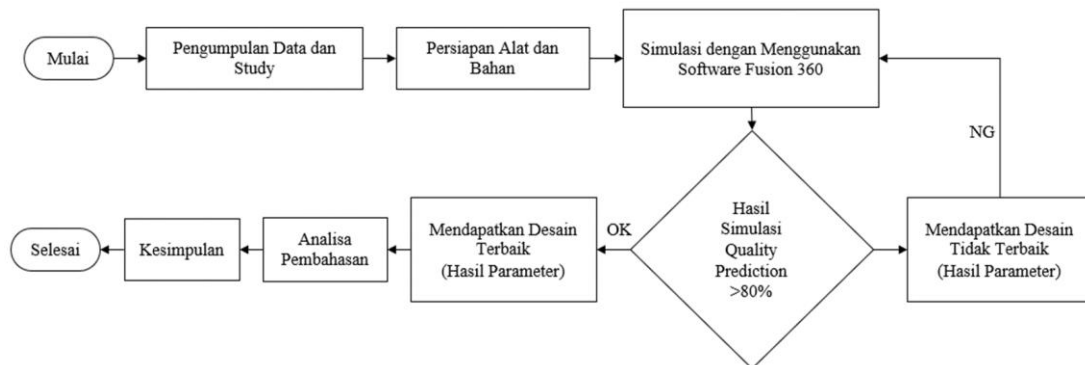
Salah satu proses produksi produk berbahan dasar plastik adalah dengan proses injeksi (*plastic injection process*). Proses ini sangat kompleks karena melibatkan proses mekanik dan termal dimana setiap proses secara signifikan mempengaruhi produk yang diinjeksi [1]. Proses yang tidak sempurna menyebabkan kesalahan atau kegagalan produk. Cacat yang terjadi selama proses adalah misalnya cacat yang terjadi pada proses tersebut meliputi cacat *air-trap*, *warpage*, *sink marks*, retak (*residual stress*) dan kerusakan saat produk meninggalkan cetakan [2,3].

Carabiner adalah salah alat untuk pengait berbahan metal, biasanya di pakai untuk kegiatan olahraga yaitu climbing. Namun untuk penelitian ini, peneliti membuat carabiner sebagai aksesoris pengait tas dan hiasan kunci berbahan dasar plastik *Polypropylene* (PP). *Polypropylene* adalah termoplastik keras, kaku dan mengkilap [4]. Inovasi untuk cetakan berbahan plastik terletak pada memahami kualitas dan kontur beban yang dihasilkan. Untuk menghasilkan suatu produk dengan baik pada proses injeksi molding, serta dengan tujuan untuk mengurangi resiko kecacatan produk dan kegagalan produksi, perlu dilakukan simulasi dan analisis dari bentuk desain *mold* yang akan digunakan dengan tujuan untuk dapat menghasilkan nilai parameter yang terbaik agar menghasilkan produk dengan standar yang ditetapkan [5,6].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh desain *gate* dan *runner* terhadap hasil simulasi produk, menggunakan simulasi *injection molding* (*mold flow*) serta mengetahui nilai parameter injeksi yang digunakan meliputi temperatur leleh material yang digunakan, serta temperatur dari cetakan yang dibuat dengan maksud untuk menghasilkan suatu produk carabiner secara optimal, baik dari segi kekuatan meliputi kerapatan struktur produk, serta dari segi visual produk itu sendiri [7,8,9].

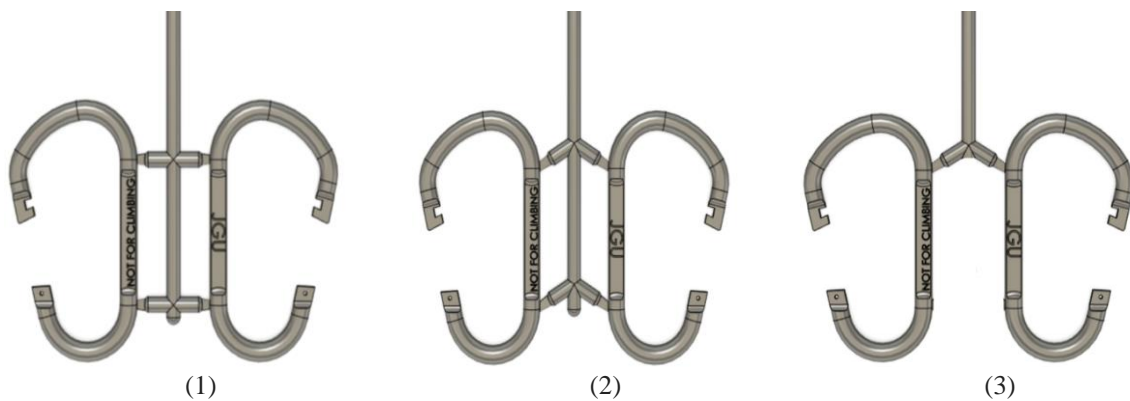
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode desain eksperimen yang bersifat observasi atau suatu pengamatan yang dibuat pada kondisi buatan. Akan tetapi kondisi yang dibuat yaitu disesuaikan dengan jenis dan spesifikasi mesin yang akan digunakan. Adapun alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Sebelum simulasi *mold flow* dilakukan, hal pertama yang dilakukan yaitu menganalisis desain produk yang akan dibuat, kemudian menentukan beberapa variabel dan parameter yang akan digunakan pada penelitian ini. Simulasi *mold flow* menggunakan perintah *Injection Molding Simulation*, menggunakan material polipropilena, suhu leleh material 220°C , dengan suhu *mold* 40°C . Parameter lain yang digunakan yaitu *layout* dari *gate system* dengan desain yang berbeda-beda, yaitu Desain 1, 2, dan 3, yang dapat dilihat pada Gambar 2. Dengan ukuran diameter masing-masing yaitu sebesar $\varnothing 2$ mm, $\varnothing 4$ mm, serta $\varnothing 6$ mm. Perbedaan parameter pada masing-masing *gate system* bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang dihasilkan untuk mendapatkan hasil produk yang optimal [10].



Gambar 2. Desain *Layout Runner* 1, 2, dan 3.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

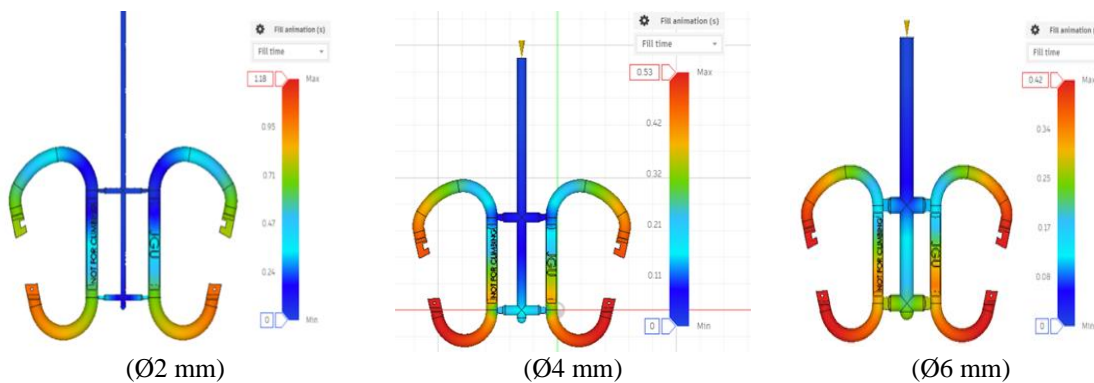
Syarat dari perancangan mold adalah untuk mengetahui terlebih dahulu data produk yang diperlukan untuk menentukan rancangan cetakan. Selain itu perancangan pada cetakan juga bertujuan agar cetakan yang dibuat bisa ideal dan ekonomis dari segi desain produk yang dibuat, kapasitas injeksi material pada mesin yang dihitung dengan jumlah total berat keseluruhan produk meliputi *gate* dan *runner* [11,12], agar produk yang dihasilkan dapat optimal. Bentuk karabiner sendiri memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik, baik ketika ditarik secara vertikal maupun horizontal [13]. Tabel 1, menunjukan spesifikasi dari mold yang digunakan. Parameter yang digunakan untuk mengetahui hasil rancangan mold yang terbaik yaitu dari hasil *fill time*, *quality prediction*, *injection pressure*, dan *fill confidence*. Beberapa bentuk cacat produk yang mungkin terjadi yaitu berupa *sink marks*, dan *air traps* juga dijadikan bahan pertimbangan dibahas secara lengkap.

Table 1. Spesifikasi cetakan.

| Nama Bagian | Mold |
|------------------------|-----------------------|
| Jenis Cetakan | <i>Two Plate Mold</i> |
| Jenis Gate | <i>Valve Gate</i> |
| Jumlah Cavity dan Core | 1 Cavity, 1 Core |
| Profile Bahan | S50C |
| Mold Temperature | 40° |

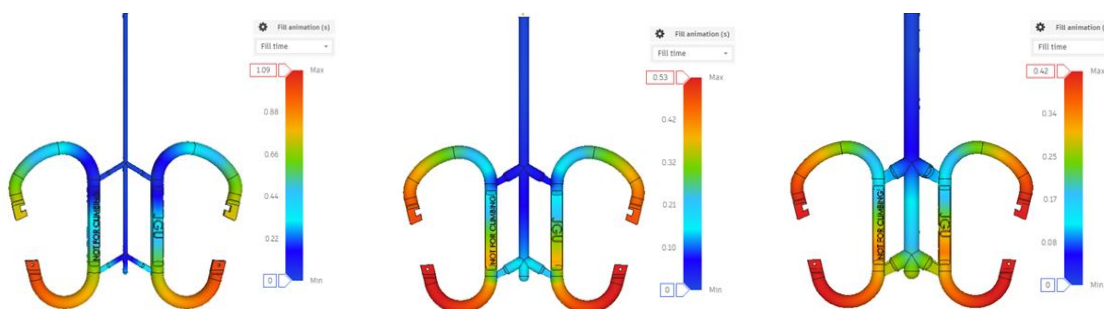
a. Fill time

Hasil analisis *fill time* pada Desain 1, 2, dan 3 ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5. Dengan menggunakan parameter yang konstant pada setiap simulasi, maka pengaruh perbedaan desain dapat dianalisis. Perbedaan warna pada bentuk produk merupakan reaksi dari hasil 1 kali simulasi dimana warna biru menunjukkan proses pengisian pertama kemudian warna biru muda merupakan lanjutan proses pengisian, kemudian warna hijau, kuning, serta terakhir warna oranye merupakan area paling terakhir terisi.



Gambar 3. *Fill time* Desain 1.

Hasil dari simulasi Desain 1 (Gambar 3) menunjukkan bahwa waktu untuk pengisian satu produk pada desain 1 dengan diameter *runner* 2 mm selama 1.18 detik, diameter 4 mm selama 0.53 detik dan diameter 6 mm selama 0.42 detik. Persamaan gradasi warna di setiap desain 1, 2, dan 3 terletak pada *frame* ujung bawah yaitu warna oren. Perbedaan waktu disebabkan oleh perbedaan diameter *runner* dan *gate*. Semakin besar diameter *gate system*, semakin cepat waktu pengisiannya.



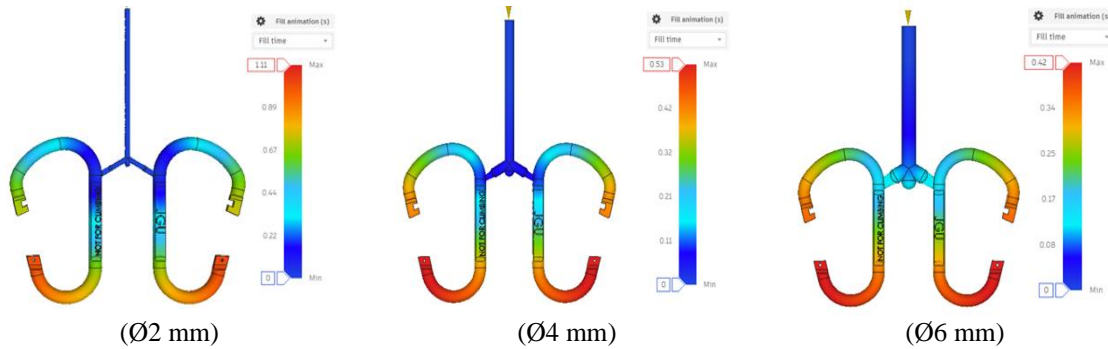
(Ø2 mm)

(Ø4 mm)

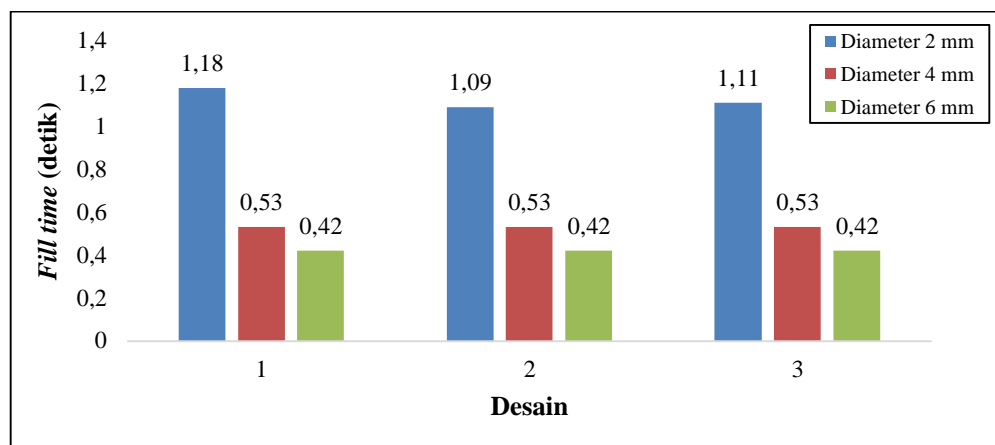
(Ø6 mm)

Gambar 4. *Fill time* Desain 2.

Hasil dari simulasi pada Desain 2 (Gambar 4) menunjukkan waktu untuk pengisian satu produk dengan diameter *runner* 2 mm selama 1,09 detik, diameter 4 mm selama 0,53 detik dan diameter 6 mm selama 0,42 detik.

Gambar 5. *Fill time* Desain 3.

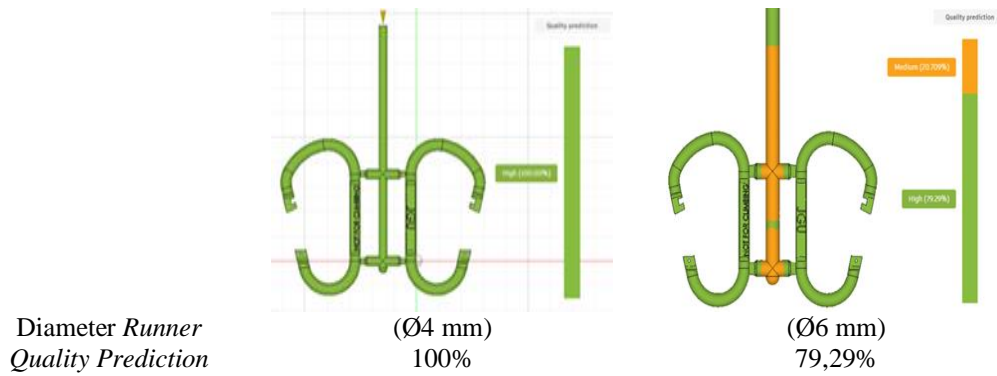
Dari hasil simulasi pada Desain 3 (Gambar 5) menunjukkan 1,11 detik untuk mengisi satu produk dengan berdiameter *runner* 2 mm selama 1,11 detik, kemudian diameter *runner* 4 mm selama 0,53 detik dan diameter *runner* 6 mm selama 0,42 detik.

Gambar 6. Grafik *fill time* vs diameter *runner*.

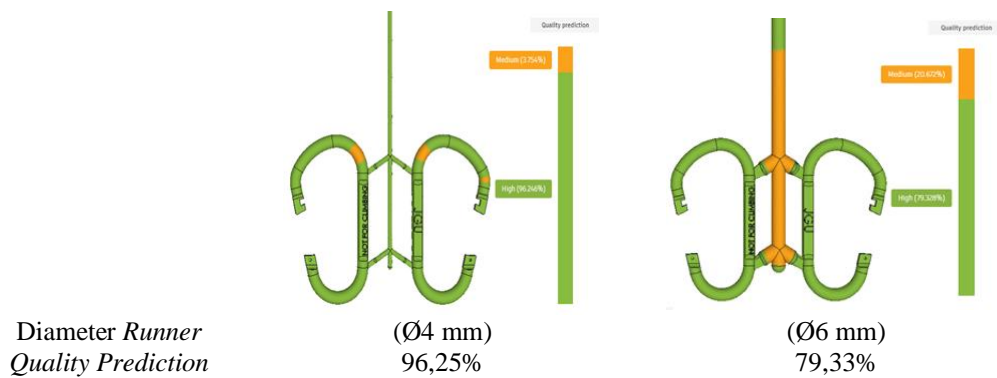
Dari grafik pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran gate dan runner yang digunakan maka waktu pengisian material akan menjadi semakin cepat.

b. *Quality Prediction*

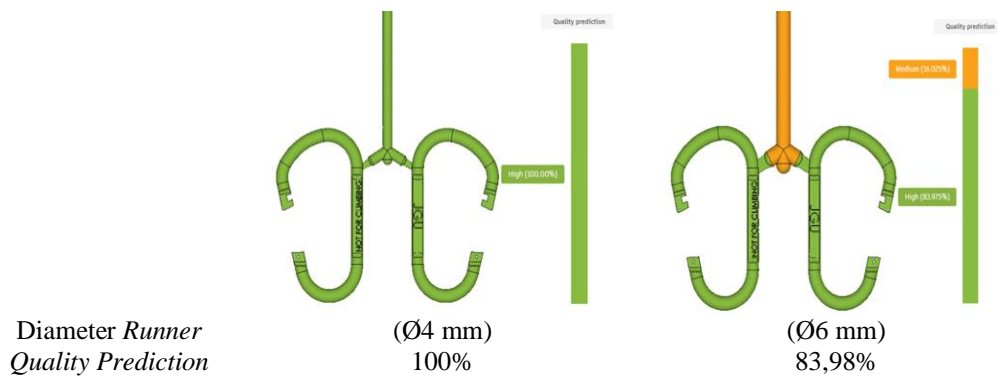
Quality prediction digunakan untuk mengetahui perkiraan hasil kualitas produk melalui simulasi yang dilakukan. Kualitas produk dibawah 75% tidak dapat ditampilkan pada hasil simulasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9. Dapat dilihat bahwa Desain dengan diameter *gate* sebesar 4 mm menunjukkan hasil *quality prediction* yang baik. Oleh sebab itu, nilai diameter sebesar 4 mm disarankan untuk digunakan pada perancangan *mold asesoris carabiner*.



Gambar 7. *Quality prediction* Desain 1.



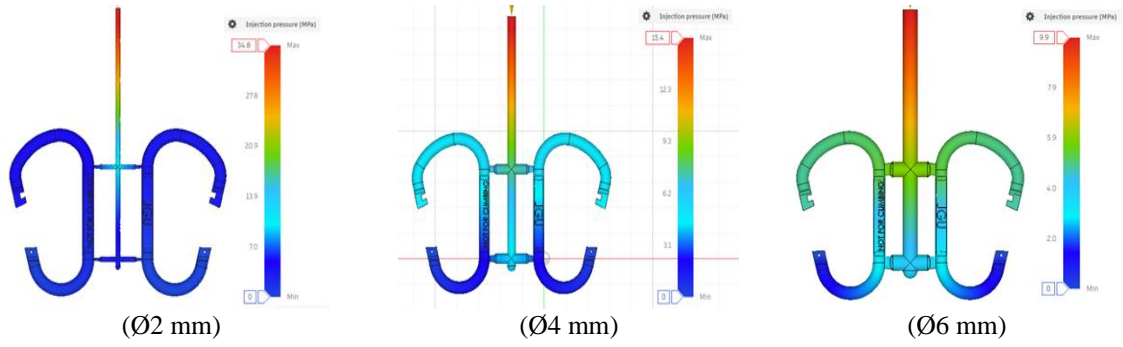
Gambar 8. *Quality prediction* Desain 2.



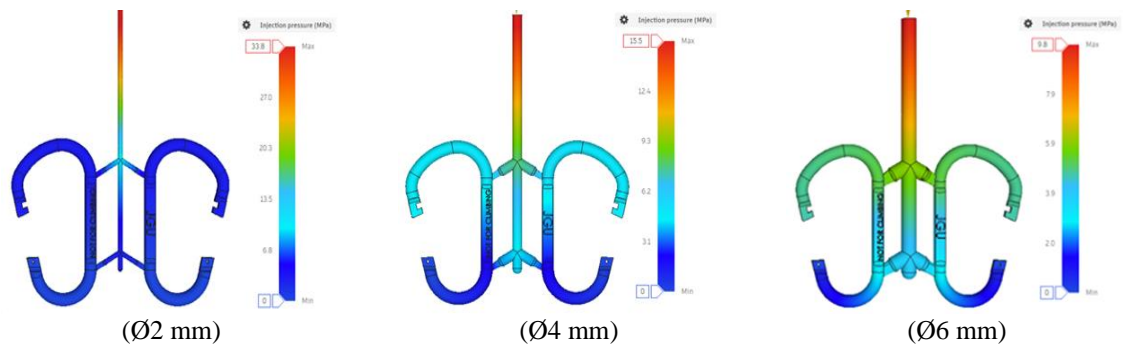
Gambar 9. *Quality prediction* Desain 3.

c. Injection Pressure

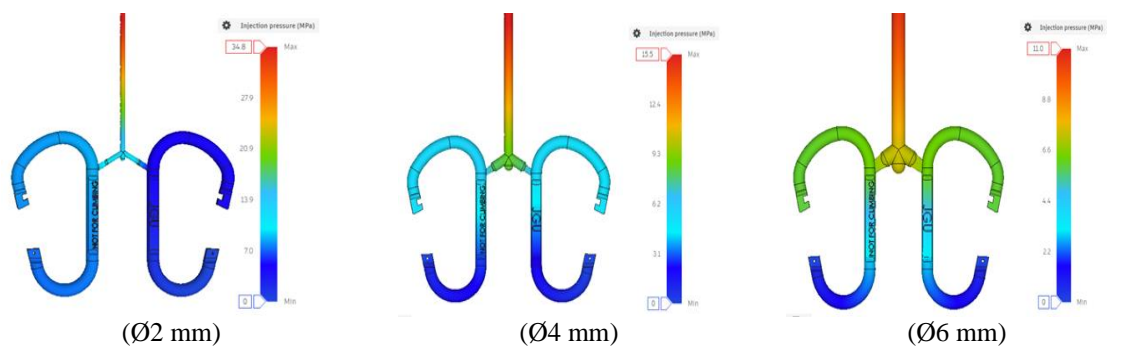
Hasil simulasi *injection pressure* untuk Desain 1, 2, dan 3 masing-masing ditunjukkan pada Gambar 10, 11, dan 12. Tekanan injeksi yang terjadi pada Desain 1 dengan diameter runner 2 mm yaitu sebesar 34,8 MPa, diameter runner 4 mm yaitu sebesar 15,4 MPa, diameter runner 6 mm yaitu sebesar 9,9 MPa. Tekanan injeksi yang terjadi pada Desain 2 dengan diameter runner 2 mm yaitu sebesar 33,8 MPa, diameter runner 4 mm yaitu sebesar 15,5 MPa, diameter runner 6 mm yaitu sebesar 9,8 MPa. Tekanan injeksi yang terjadi pada Desain 3 dengan diameter runner 2 mm yaitu sebesar 34,8 MPa, diameter runner 4 mm yaitu sebesar 15,5 MPa, diameter runner 6 mm yaitu sebesar 11 MPa. Data simulasi disajikan pada Gambar 13 dalam bentuk grafik batang.



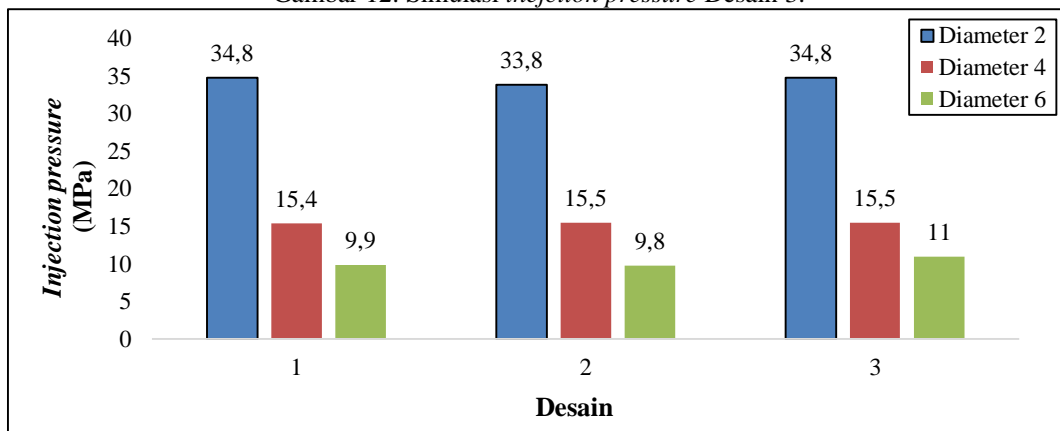
Gambar 10. Simulasi *injection pressure* Desain 1.



Gambar 11. Simulasi *injection pressure* Desain 2.



Gambar 12. Simulasi *injection pressure* Desain 3.

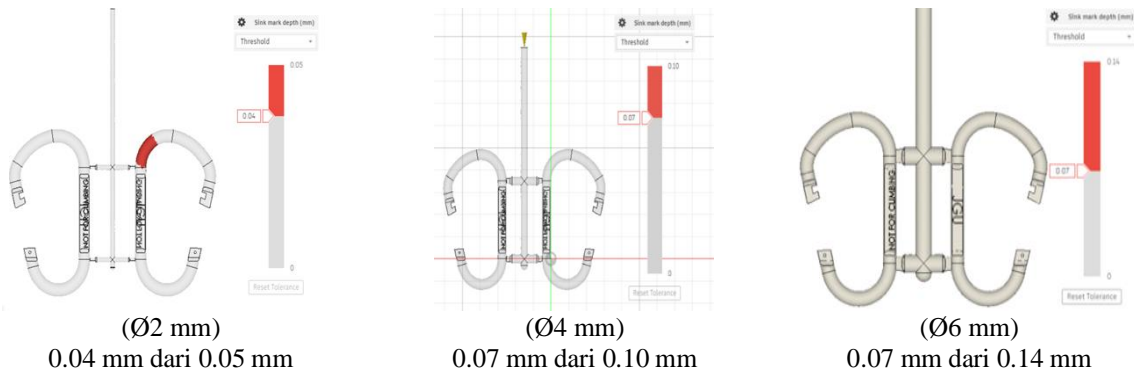


Gambar 13. Grafik *injection pressure* vs diameter runner.

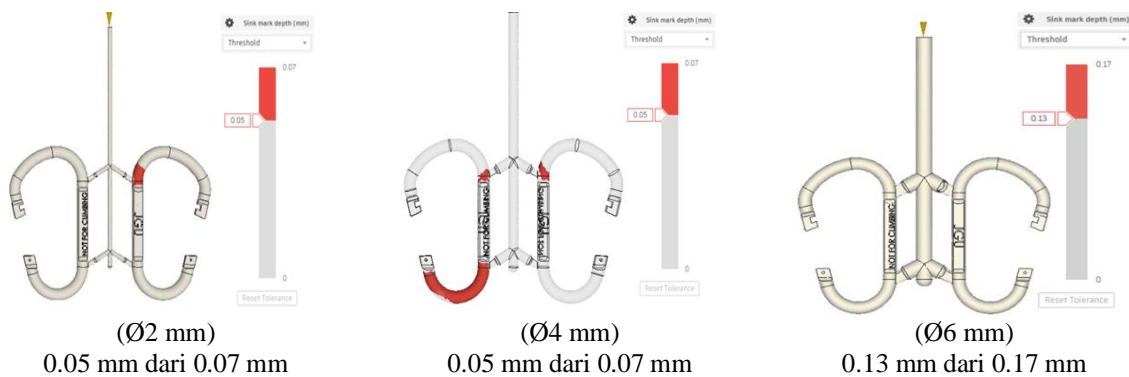
Dari Grafik pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa waktu pengisian (*fill time*) dengan ukuran diameter runner rancangan mold akan selalu berbanding terbalik, yaitu semakin kecil ukuran gate system maka tekanan yang terjadi akan menjadi semakin besar.

d. Sink Marks

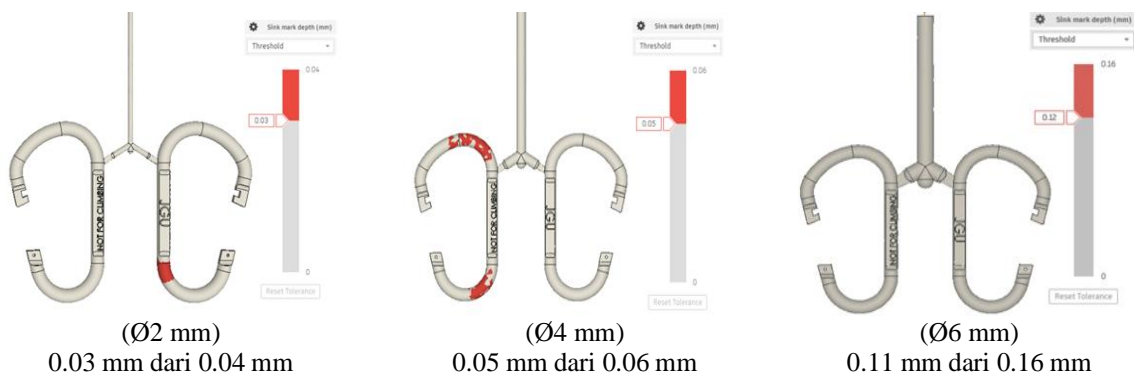
Kecacatan produk yang akan terprediksi saat dilakukan simulasi yaitu cacat *sink marks*, atau bisa dikatakan *shrinkage*. *Sink mark* merupakan penyusutan, cekungan atau lengkungan yang sering terjadi pada lapisan/permukaan luar pada produk yang dibentuk (salah satunya pada proses *injection molding*) dan dapat juga perbedaan ketebalan pada lapisan/permukaan produk. Hasil simulasi cacat produk berupa *sink mark* untuk Desain 1, 2, dan 3 masing-masing dapat dilihat pada Gambar 14, 15, dan 16.



Gambar 14. *Sink marks* Desain 1.



Gambar 15. *Sink marks* Desain 2.



Gambar 16. *Sink marks* Desain 3.

e. Rangkuman Hasil Simulasi

Data hasil simulasi digunakan sebagai salah satu penentuan parameter penelitian rancangan mold yang memiliki keberhasilan produk yang baik, untuk kemudian rancangan tersebut dapat diimplementasikan

menjadi suatu desain mold secara nyata. Tabel 2. menunjukkan data hasil quality prediction dengan cacat sink marks yang terjadi.

Tabel 2. Nilai Simulasi *Quality Prediction*.

| No | Parameter | | Fill Time (detik) | Injection Pressure (MPa) | Quality Prediction | | | Sink Mark | |
|----|-----------|----------|----------------------|-----------------------------|--------------------|--------|-----|---------------|---------------|
| | Desain | Diameter | | | High | Medium | Low | Toleransi Min | Toleransi Max |
| 1 | 1 | 2 | 1.18 | 34.8 | - | - | - | 0.04 | 0.05 |
| 2 | 2 | 2 | 1.09 | 33.8 | 96,2% | 3,7% | - | 0.05 | 0.07 |
| 3 | 3 | 2 | 1.11 | 34.8 | - | - | - | 0.03 | 0.04 |
| 4 | 1 | 4 | 0.53 | 15.4 | 100% | - | - | 0.07 | 0.10 |
| 5 | 2 | 4 | 0.53 | 15.5 | - | - | - | 0.05 | 0.07 |
| 6 | 3 | 4 | 0.53 | 15.5 | 100% | - | - | 0.05 | 0.06 |
| 7 | 1 | 6 | 0.42 | 9.9 | 79,2% | 20,7% | - | 0.07 | 0.14 |
| 8 | 2 | 6 | 0.42 | 9.8 | 97,2% | 20,6% | - | 0.13 | 0.17 |
| 9 | 3 | 6 | 0.42 | 11.0 | 83,9% | 16% | - | 0.12 | 0.16 |

Berdasarkan hasil simulasi dari parameter-parameter yang digunakan dan material berupa polimer generik *Polypropylene* (PP) *easy flow*, dengan temperatur pelelehan material 220°C, serta temperatur cetakan 40°C, maka didapatkan hasil bahwa parameter yang paling baik/optimal adalah desain 1 dengan *runner* dan *gate* Ø4 mm dengan hasil *quality prediction* terbaik 100% dan *fill time* sebesar 0,53 detik. Dengan *defect sink mark* toleransi minimal sebesar 0,07 mm dan toleransi maksimal sebesar 0,10 mm dan hal ini terjadi di luar produk.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi dengan perangkat lunak *Autodesk Fusion 360*, dapat disimpulkan:

Quality prediction (kualitas penampilan sebuah produk) memiliki kecenderungan untuk turun seiring dengan membesarnya diameter (> Ø 4 mm) *runner* dan *gate*. Semakin besar diameter (> Ø 4 mm) dari *runner* dan *gate* pada *injection molding*, maka *fill time* (menunjukkan hasil waktu dalam satu kali proses injeksi) memiliki kecenderungan mengalami kenaikan dengan nilai 0,42.

Desain 1 dengan diameter *runner* 4 mm yang penempatan *runner* dan 2 *gate* (atas dan bawah) menunjukkan *quality prediction* dengan nilai 100 % yang optimal di dibandingkan dengan Desain 2 dan Desain 3.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Universitas Global Jakarta atas dukungannya selama menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Deka Purnama, S., & Didit Nur, A. (2018). Desain Mold Pada Plastic Injection Molding Untuk Produk Casing Pengaman Kendaraan (Sepeda Motor) atas Kasus Pencurian (Doctoral Dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
- [2] Tresno, S. (2022). Mechanical Engineering. Jenis-jenis Defect Cacat pada Produk Injection Molding.
- [3] Rapiddirect. (2022, 6 30). How to prevent sink mark in injection molding. retrieved from rapiddirect
- [4] Brydson, J.A. (1999). Plastics Materials Seventh Edition. Butterworth Heinemann. Oxfords.
- [5] ZULIANSYAH, R. A. (2023). Simulasi Dan Analisis Injeksi Plastik Untuk Produk-Produk Kelistrikan Berbasis Software Cae (Autodesk Moldflow) Beserta Perancangan Molding.
- [6] Anak, T. (2022, 01 09). Fakta Menarik Tentang Autodesk Fusion 360, Software 3D Idaman Perusahaan Manufaktur. Retrieved From Anak Teknik.
- [7] Weebly. (2022, 06 23). Perancangan Gate dan Runner. Retrieved from Ilmu Manufaktur.
- [8] Wibowo, M. D., & Wahyuningsih, K. (2022). Analisis Pengaruh Temperatur Mold dan Temperatur Melt terhadap Fill Time dan Quality Prediction Produk Plastik dalam Proses Injection Molding menggunakan Software.
- [9] Sofyan, D., Gamayel, A., & Zaenudin, M. (2023). SIMULASI UJI IMPACT PADA DESAIN VELG BERBAHAN ASTM A299 DENGAN DIAMETER 15 INCH DENGAN STANDARD UJI SAE J175. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 8(1), 85-93.
- [10] Pratama, Tito Agung Yoga. (2016). Aplikasi Moldflow Adviser pada Industri Plastik Modern untuk mendapatkan Paramater Injeksi Mold yang Optimal. diss. uajy, 2016.
- [11] Kaswadi, A., & Tauhid, M. I. (2017). Optimalisasi Perancangan Runner dan Gate Cetakan Injeksi Plastik dengan Metode Simulasi. *Prosiding SNTTM XVI*, 6.

-
- [12] Yulianto, I., Rispianda, R., & Prasetyo, H. (2014). Rancangan desain mold produk knob regulator kompor gas pada proses injection molding. *Reka Integra*, 2(3).
- [13] Rizki, M., Gamayel, A., & Zaenudin, M. (2024). Simulation on the influence of the shape of the carabiner as a hanging accessory on stress distribution using Autodesk Fusion 360. *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin*, 5(1), 33-40.

