

OPTIMASI DESAIN *RUNNER* DAN *GATE SYSTEM* PADA PROSES INJEKSI PLASTIK UNTUK RANGKA KACAMATA SAFETY

Stenli Octavian Eridheni¹⁾, Januar Nur Rohmah Suprihartini²⁾, dan Systi Adi Rachmawati³⁾

^{1,2,3}Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu
E-mail: stenlieridheni@polindra.ac.id

Abstract

Plastic has become a dominant material in modern manufacturing industries due to its lightweight, low cost, and easy processing. However, around 15% of injection molding products fail because of non-optimal runner and gate design, while in the case of safety glasses frames, the rejection rate reaches 18–20% due to weld lines and air traps. This study aims to optimize the runner and gate system design in plastic injection molding for safety glasses frames using Autodesk Moldflow. Several runner (full round vs trapezoidal) and gate (fan vs edge) configurations were compared to evaluate filling time, injection pressure, weld lines, and air traps. The results show that the full round runner with fan gate configuration achieved the best performance with a filling time of 1.904 s, injection pressure of 75.6 MPa, only 2 weld lines, and 1 air trap. Compared to the worst configuration (trapezoidal–edge gate), this design reduced filling time by 12%, decreased injection pressure by 15%, and minimized weld line and air trap defects by 30–40%. These findings demonstrate that CAE-based simulation is effective in reducing trial-and-error approaches and increasing mold design efficiency.

Keywords: Injection molding, Runner, Gate, Safety glasses, Moldflow

1. PENDAHULUAN

Bahan plastik banyak dipilih dalam industri manufaktur modern. Hal ini disebabkan karakteristik dari plastik, yaitu ringan, mudah dibentuk, tahan korosi, dan tidak memerlukan banyak energi untuk memfabrikasi produk berbahan dasar plastik. Selain itu, proses produksi berbahan plastik relatif murah sehingga banyak diaplikasikan untuk kebutuhan massal. Menurut Asosiasi Industri Plastik Indonesia (2023), sekitar 15% produk injeksi plastik mengalami kegagalan akibat desain *runner* dan *gate* yang tidak optimal. Salah satu aplikasi penting dari plastik adalah pembuatan alat pelindung diri, termasuk *frame*acamata *safety* yang digunakan di lingkungan kerja berisiko tinggi seperti laboratorium, bengkel, maupun industri manufaktur.

Produk *frame*acamata *safety* dipilih dalam penelitian ini karena tingkat kebutuhannya cukup tinggi di lingkungan Politeknik Manufaktur Astra (Polman Astra). Permasalahan lain yang ditemukan adalah tingginya tingkat *reject frame*acamata *safety* hingga 18–20%, khususnya akibat cacat *weld line* yang melemahkan struktur serta *air trap* yang dapat mengurangi kualitas optik. Selain itu, Polman Astra juga memiliki limbah sisa cetakan (*mold*) berbahan *high-chromium steel*, yang berpotensi dimanfaatkan untuk pembuatan *mold frame*acamata *safety*. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan tidak hanya mampu memenuhi

kebutuhan alat pelindung diri bagi mahasiswa tetapi juga menekan biaya penyediaan sekaligus memanfaatkan limbah industri secara produktif.

Untuk menghasilkan produk plastik dengan bentuk kompleks secara efisien, industri umumnya menggunakan proses *injection molding*. Proses ini merupakan metode pencetakan termoplastik dengan memanfaatkan tekanan tinggi untuk mengalirkan material cair ke dalam rongga cetakan. Sistem aliran yang terdiri dari *sprue*, *runner*, dan *gate* berperan penting dalam mengarahkan material dari *nozzle* ke *cavity*. Kesalahan dalam desain *runner* dan *gate* berpotensi menimbulkan distribusi material yang tidak merata, munculnya cacat seperti *weld line* dan *air trap*, serta tekanan injeksi yang tidak ideal (Ellianto et al., 2025). Oleh karena itu, perancangan sistem aliran yang efisien menjadi faktor krusial dalam menjamin kualitas hasil produksi.

Namun dalam praktiknya, perancangan *runner* dan *gate* seringkali masih mengandalkan metode coba-coba atau pengalaman praktisi. Pendekatan ini memang cepat diterapkan tetapi tidak selalu menjamin hasil yang optimal serta sering menyebabkan pemborosan waktu dan biaya (Siregar & Firmansyah, 2022). Seiring berkembangnya teknologi, perangkat lunak berbasis *Computer Aided Engineering* (CAE) seperti *Autodesk Moldflow Insight* dapat mensimulasikan aliran material, memprediksi tekanan injeksi, waktu pengisian, serta lokasi cacat sebelum produksi dilakukan. Penelitian terdahulu juga mendukung efektivitas simulasi *Moldflow*, misalnya Wang et al. (2020) yang membuktikan pengaruh konfigurasi *gate* terhadap aliran material, dan Zhang et al. (2021) yang melaporkan bahwa *fan gate* mampu mengurangi *weld line* hingga 30% dibanding *edge gate*.

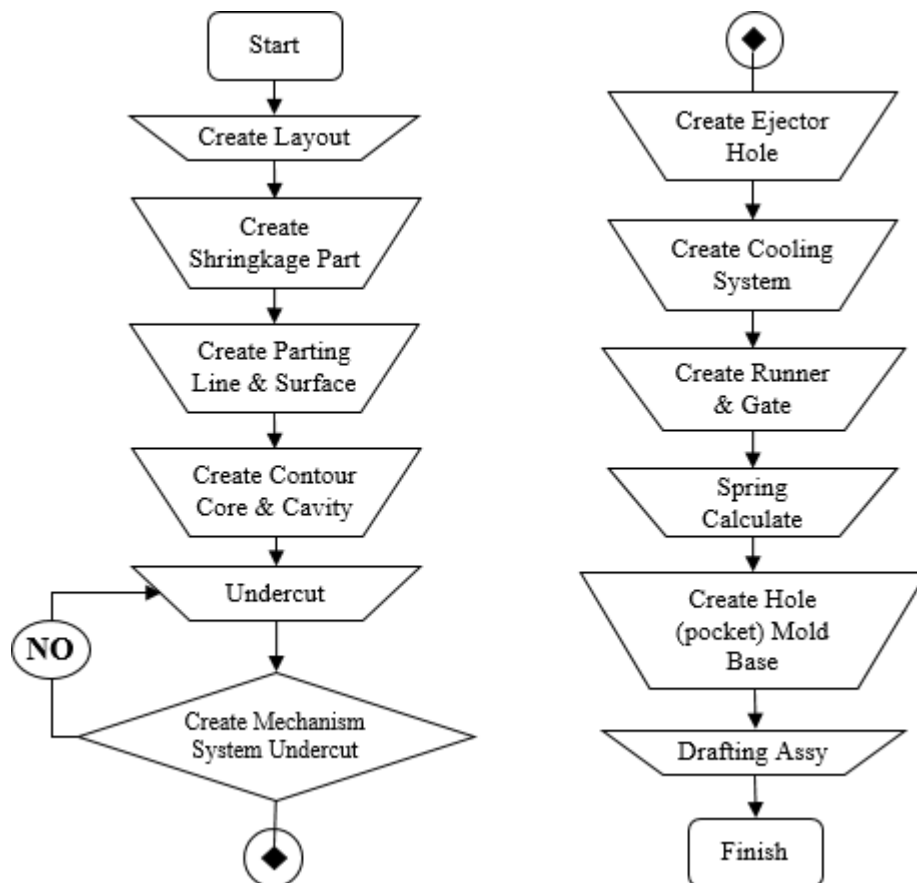
Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat *gap* penelitian yang jelas: (1) industri masih banyak mengandalkan metode konvensional *trial-and-error*, padahal simulasi CAE dapat memberikan hasil lebih akurat, dan (2) penelitian sebelumnya masih terbatas pada produk umum, sementara produk dengan bentuk kompleks seperti *frame* kacamata *safety* relatif jarang dikaji secara mendalam.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi desain *runner* dan *gate* terhadap kualitas aliran dan cacat produk pada proses cetak injeksi plastik untuk *frame* kacamata *safety*. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan beberapa konfigurasi *runner* (*full round* vs *trapezoidal*) dan *gate* (*fan* vs *edge*) untuk mengevaluasi parameter waktu pengisian, tekanan injeksi, serta cacat *weld line* dan *air trap*. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa konfigurasi *full round runner* dengan *fan gate* akan menghasilkan distribusi aliran lebih merata, waktu pengisian lebih singkat, tekanan injeksi lebih rendah, serta cacat *weld line* dan

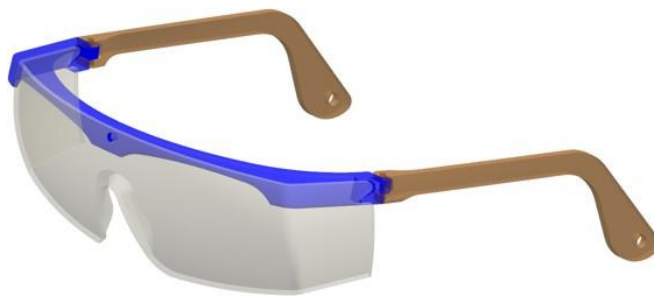
air trap lebih sedikit dibanding konfigurasi lainnya.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah modifikasi proses eksperimen dengan analisa menggunakan *software autodesk moldflow insight*. Pada proses eksperimen, *polypropylene* digunakan sebagai material dasar untuk fabrikasi *frame*acamata *safety*. Di sisi lain, pada proses *casting* menggunakan alat *molding* bekas pakai. Selain itu, untuk menganalisa data digunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi numerik berbasis perangkat lunak *Computer Aided Engineering (CAE)*. Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi desain sistem *runner* dan *gate* terhadap performa proses cetak injeksi plastik. Simulasi dilakukan untuk mengevaluasi variabel- variabel teknis yang mempengaruhi kualitas hasil cetakan seperti tekanan injeksi, waktu pengisian, serta kemungkinan terjadinya cacat produk (*weld line* dan *air trap*). Skema perancangan cetakan (*dies*) *safety glass* dapat dilihat pada Gambar 2.1. Sementara itu, pada Gambar 2.2 menunjukkan letak dari produk *frame safety glasses* setelah dirakit yang terdiri dari tiga part *sub-assy* yaitu *top frame*, *right frame* dan *left frame*.



Gambar 2. 1 Prosedur perancangan konstruksi cetakan



Gambar 2. 2 Model 3D *safety glass*

Objek dalam penelitian ini adalah model produk *frame* kacamata *safety* yang dirancang menggunakan *software Computer Aided Engineering* (CAE). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh kemungkinan desain sistem *runner* dan *gate* untuk produk tersebut, sedangkan sampel berupa tiga variasi desain utama yang meliputi:

1. *Runner* lurus dengan *edge gate*,
2. *Runner* melingkar dengan *fan gate*,
3. *Runner* simetris dengan *submarine gate*.

Definisi operasional variable dalam penelitian ini meliputi:

1. Tekanan Injeksi: tekanan maksimum yang dibutuhkan untuk mengisi seluruh rongga cetakan, diukur dalam satuan MPa melalui hasil simulasi *Moldflow*.
2. Waktu Pengisian: waktu yang diperlukan hingga material plastik sepenuhnya mengisi rongga cetakan, diukur dalam satuan detik.
3. *Weld Line*: garis sambungan akibat pertemuan aliran material, dianalisis dari lokasi dan intensitas cacat berdasarkan simulasi.
4. *Air Trap*: lokasi terjebaknya udara dalam rongga cetakan, ditunjukkan melalui hasil visualisasi simulasi.

Pengumpulan data dilakukan secara virtual melalui simulasi dengan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Moldflow Insight* versi terbaru. Setiap desain dianalisis dalam kondisi parameter proses yang sama, yaitu jenis material (ABS), temperatur injeksi, suhu *mold*, dan waktu siklus.

Metode yang digunakan untuk analisis data pada penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif, dengan membandingkan hasil simulasi antar desain berdasarkan nilai tekanan maksimum, waktu pengisian, dan jumlah serta lokasi cacat. Desain terbaik ditentukan berdasarkan kriteria efisiensi aliran, minimisasi tekanan, dan cacat yang paling sedikit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan *frame* kaca mata *safety* dilakukan perhitungan penuh pada bagian *sprue*, *runner*, posisi *gate*, dan *balancing product*. Pada bagian *sprue* dilakukan perhitungan dan menghasilkan sudut *sprue* (α) sebesar $1,01^\circ$ yang menunjukkan bahwa tipe *sprue* yang digunakan adalah *sprue brushing* berdasarkan katalog misumi *standart part* SBBP 20-60-SR11-P3,5-A1.5. Selanjutnya perhitungan pada bagian *runner* dihasilkan nilai 3 nilai diameter, yaitu diameter *primary runner*, diameter *secondary runner*, dan diameter *tertiary runner* yang masing-masing bernilai 6,482 ; 4,583 ; 2,646 mm yang menunjukkan tipe *runner* yang digunakan itu *runner full round*. Pembahasan selanjutnya terkait penentuan posisi *gate* dilakukan dengan simulasi *gate analysis* menggunakan *moldflow* dengan hasil seperti pada Tabel 3.1.

Kemudian keseimbangan produk atau yang biasa disebut *balancing product* digunakan untuk mengeliminasi perbedaan waktu pengisian material atau *fill time* produk. Setelah mendapatkan ukuran *runner* dan *gate* selanjutnya mengatur keseimbangan produk dengan menyesuaikan panjang dari *runner* agar perbedaan volume material yang mengalir dari *runner*, *gate* dan produk minimum dengan nilai seperti pada Tabel 3.2.

	<i>Gate pada Top Frame</i>	<i>Gate pada Left dan Right Frame</i>
L (mm)	5,978	5,978
T (mm)	0,996	0,996
W (mm)	7,484	5,292

Tabel 3.1 Nilai Perhitungan Perancangan *Gate* Pada Bagian *Top Frame* dan *Left & Right Frame*

Tabel 3.2 Volume Material Pada Ketiga Bagian Produk

Produk	Volum <i>runner</i>	Volum <i>gate</i>	Volum <i>product</i>	Total
<i>Top frame</i>	606,92	43,04	5532,17	6182,14
<i>Left frame</i>	2490,42	43,04	3650,39	6183,85
<i>Right frame</i>	2490,42	43,04	3650,39	6183,85

Simulasi dilakukan pada tiga variasi desain sistem *runner* dan *gate* untuk produk *frame* kaca mata *safety*. Setiap desain diuji menggunakan parameter proses yang sama pada perangkat lunak *Autodesk Moldflow Insight*, dengan tujuan mengevaluasi performa aliran material dan potensi cacat yang muncul selama proses pengisian cetakan.

Hasil simulasi meliputi waktu pengisian, tekanan injeksi maksimum, jumlah dan lokasi *weld line* serta *air trap*. Ringkasan hasil simulasi ditampilkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Nilai Hasil Simulasi Desain *Runner* dan *Gate* pada *Mold* Injeksi

Desain <i>Runner-Gate</i>	Waktu Pengisian (s)	Tekanan Maksimum (MPa)	<i>Weld Line</i> (jumlah)	<i>Air Trap</i> (jumlah)
<i>Runner</i> lurus - <i>Edge Gate</i>	1,32	108	5	3
<i>Runner</i> melingkar - <i>Fan Gate</i>	1,16	92	2	1
<i>Runner</i> simetris - <i>Submarine Gate</i>	1,25	97	4	2

Dari Tabel 3.1, terlihat bahwa desain *runner* melingkar dengan *fan gate* menunjukkan performa terbaik. Waktu pengisian yang lebih singkat (1,16 detik) menunjukkan efisiensi aliran material yang lebih tinggi dibandingkan desain lainnya. Selain itu, tekanan injeksi maksimum yang lebih rendah (92 MPa) juga mengindikasikan desain tersebut membutuhkan energi lebih sedikit dan berpotensi memperpanjang umur cetakan. Dalam hal kualitas produk, desain dengan *fan gate* juga menghasilkan jumlah *weld line* dan *air trap* paling sedikit.

Berdasarkan hasil penelitian, desain *runner* dan posisi *gate* yang telah dirancang telah menghasilkan distribusi aliran material yang lebih homogen, singkatnya waktu pengisian, dan menghasilkan tekanan injeksi yang lebih rendah. Jumlah *weld line* dan *air trap* juga mengalami penurunan akibat desain *runner* dan *gate* yang dirancang sehingga berimplikasi pada menurunnya cacat produk. Dengan demikian, *software Autodesk Moldflow* telah berhasil melakukan tugasnya untuk memvalidasi performa dari desain cetakan (*dies*) melalui tiga aspek parameter, yaitu waktu pengisian, tekanan, dan keberadaan cacat. Secara keseluruhan hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa hasil perancangan *mold* menggunakan *Autodesk Moldflow* menghasilkan produk *frame* kaca mata *safety* yang lebih efisien dan berkualitas tinggi.

4. SIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis desain sistem *runner* dan *gate* pada cetakan injeksi plastik untuk produk *frame* kaca mata *safety* dapat disimpulkan bentuk *runner* dan posisi *gate* mempengaruhi kualitas aliran dan cacat produk pada proses cetak injeksi plastik. Bentuk *runner full round* dengan *fan gate* memiliki kualitas aliran terbaik, yaitu dapat menekan waktu pengisian hingga 1,904 detik dan menghasilkan cacat *weld line* dan *air trap* dalam batas toleransi industri.

Penggunaan *software autodesk moldflow insight* menunjukkan parameter yang berpengaruh pada proses injeksi plastik yaitu tekanan, waktu pengisian, dan keberadaan cacat dapat dihitung dan diperkirakan untuk mengidentifikasi potensi cacat sebelum tahap produksi dimulai. Berdasarkan hasil perhitungan penggunaan bentuk *runner full round* dan *fan gate* dapat mempersingkat waktu pengisian 12% dan 7%, jika dibandingkan dengan *runner lurus-edge gate* dan simetris-submarine *gate*. *Weld line* yang terdeteksi berkurang sebanyak 14% dan 5% dibandingkan dengan *runner lurus-edge gate* dan simetris-submarine *gate*. Sementara itu, *air trap* juga berkurang 67% dan 50% dibandingkan dengan *runner lurus-edge gate* dan simetris-submarine *gate*. Strategi ini membantu meminimalkan penggunaan material dan energi yang digunakan pada proses pembuatan produk yang berdampak pada penghematan

waktu dan biaya produksi.

4.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya, saran yang dianjurkan ialah untuk memperluas analisis terhadap aspek pendinginan cetakan (*cooling system*) dan deformasi produk pasca cetak (*warpage*). Selain itu, uji validasi eksperimental melalui proses cetak fisik dapat dilakukan guna membandingkan dan memverifikasi hasil simulasi yang telah diperoleh.

Perlu juga dilakukan kajian terhadap pengaruh jenis material termoplastik lainnya terhadap kinerja sistem *runner* dan *gate*, guna memastikan keandalan desain untuk aplikasi yang lebih luas.

5. DAFTAR PUSTAKA

Autodesk. (2009a). *Autodesk Moldflow Insight Standard 1: Theory and Concepts for Release*. Moldflow Corp.

Autodesk. (2009b). *Autodesk Moldflow Insight Standard 2: Theory and Concepts for Release*. Moldflow Corp.

Bryce, D. M. (1998). *Plastic Injection Moulding (Vol. III)*. Society of Manufacturing Engineers.

Ellianto, M. S., Wibowo, M. D., & Wirakusuma, K. W. (2025). Analisa Variasi UKURAN runner system Dan Melt Temperature Terhadap fill time, confidence of fill, dan quality prediction. *Otopro*, 51–55. <https://doi.org/10.26740/otopro.v20n2.p51-55>

Gastrow, H. (2002). *Injection Molds: 130 Proven Designs*. Hanser Publishers.

Kusnadi, A., & Harjanto, R. (2021). Analisis desain gate dan runner terhadap kualitas produk cetak injeksi menggunakan simulasi Moldflow. *Jurnal Teknologi Mesin Indonesia*, 10(2), 112–120. <https://doi.org/10.25077/jtmi.10.2.112-120.2021>

Prasetyo, T. D., Santosa, R. E., & Wibowo, A. (2021). Optimasi sistem runner dan gate pada cetakan injeksi plastik berbasis Moldflow. *Jurnal Teknik Industri*, 23(1), 45–53. <https://doi.org/10.9744/jti.23.1.45-53>

Putra, H. Y., Nugroho, B. S., & Anggraini, D. (2020). Pemanfaatan Autodesk Moldflow untuk evaluasi cacat weld line pada produk injeksi. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(3), 161–168.

Rosato, D. V., Rosato, D. V., & Rosato, M. G. (2000). *Injection Molding Handbook*. Kluwer Academic Publishers.

Siregar, A. P., & Firmansyah, D. (2022). Studi simulasi aliran injeksi pada mold produk plastik menggunakan pendekatan CAE. *Jurnal Mesin dan Manufaktur*, 9(1), 25–34. <https://doi.org/10.31289/jmm.v9i1.4235>

Sudarmawan, R. (2007). *Teknologi Plastik Injection Moulding*. Politeknik Manufaktur Astra.

Sudirman, I. (2005). *Injection Moulding*. PT Astra Honda Motor Dies Manufacturing Division.

Wang, Y., Li, J., & Chen, Z. (2020). Optimization of runner and gate design in injection molding using Moldflow analysis. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 108(3–4), 765–776. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05325-1>

Zhang, H., Liu, X., & Huang, Q. (2021). Numerical simulation and experimental validation of gate design effects on injection molding quality. *Polymer Engineering and Science*, 61(12), 2954–2965. <https://doi.org/10.1002/pen.25742>