

Optimalization of Position and The Amount Gate on Component of Cowl B (R/L) Middle

Eko Ari Wibowo¹ , Galih Mahardika Munandar², Muhammad Nur W H³

¹ Department of Industrial Engineering, Universitas Muhammadiyah Gombong, Indonesia

² Department of Industrial Engineering, Universitas Muhammadiyah Gombong, Indonesia

³ Department of Industrial Engineering, Universitas Muhammadiyah Gombong, Indonesia

 ekoariwibowo@unimugo.ac.id

Abstract

Cowl B (R/L) Middle is one of automotive component made by plastic to covering motorcycle tank. Position and amount of gate as an important thing in process production, because will impact to product quality. There are three main parameter that impact to determine position and amount gate, that are: melt temperature, mold temperature, and packing time. Combination method used as an analyze to obtain optimal result in combination position and amount of gate. Optimal result that obtained in combination two gate with Injection Time 1.70s, Filling Time 2.1333s, Injection Pressure 135,4 Mpa, Weld Line 135.0 deg, Bulk Temperature 239,8c, Sinkmarks Index 0.6933%, Volumetric Shrinkage 9.694% and Sinmark Estimate 0.0333 mm.

Keywords: Gate; Combination Method; Injection Molding Paramter

Optimalisasi Letak dan Jumlah Gate pada Komponen Cowl B (R/L) Middle

Abstrak

Cowl B (R/L) Middle merupakan salah satu komponen otomotif yang terbuat dari plastik sebagai pelindung tangki sepeda motor. Letak dan jumlah gate menjadi hal yang penting pada proses pembuatan komponen tersebut, karena berpengaruh pada kualitas produk yang dihasilkan. Terdapat tiga parameter utama yang berpengaruh pada penentuan letak dan jumlah gate, yaitu: temperatur leleh, temperatur cetakan dan waktu pengepakan. Metode kombinasi digunakan sebagai analisa untuk mendapatkan hasil yang optimal pada kombinasi letak dan jumlah gate. Hasil yang optimal terdapat pada kombinasi dua gate dengan nilai Injection Time 1.70s, Filling Time 2.1333s, Injection Pressure 135.4 Mpa, Weld Line 135.0 deg, Bulk Temperature 239.8c, Sinkmarks Index 0.6933%, Volumetric Shrinkage 9.694% and Sinmark Estimate 0.0333 mm.

Kata kunci: Gate; Metode Kombinasi; Parameter Cetak Injeksi

1. Pendahuluan

Penggunaan produk berbahan dasar plastik masif digunakan diberbagai bidang usaha, termasuk diantaranya yaitu bidang otomotif. Masifnya penggunaan produk berbahan plastik dikarenakan mudah dan cepat dibuat melalui produksi massal serta kualitas produk yang baik [1], [2]. Sehingga, proses cetak injeksi plastik sangat membantu para pelaku manufaktur dalam memproduksi produk berbahan plastik dalam waktu yang cepat [3]. Meskipun demikian, produksi dalam jumlah besar menjadi perhatian khusus bagi perusahaan, terlebih apabila terdapat kesalahan yang berpotensi menimbulkan kerugian. Sehingga, sebelum dilakukan proses produksi perlu dilakukan analisa dan uji coba cetak agar tidak menyebabkan biaya produksi menjadi tinggi [3], [4]. Salah satu analisa awal yang perlu diperhatikan yaitu memastikan produk dapat terisi penuh oleh material leleh. Sehingga penting sekali dalam penentuan letak dan jumlah *gate* yang tepat agar menghasilkan produk yang berkualitas [5], [6].

Parameter yang berpengaruh pada penentuan letak dan jumlah gate diantaranya, yaitu : temperatur leleh, temperatur cetakan dan waktu pengepakan [7], [8]. Parameter lain seperti temperatur cetakan, temperatur leleh, tekanan pengepakan dan waktu injeksi digunakan sebagai referensi dalam formulasi pada saat analisa awal dan uji coba cetak untuk mengetahui potensi cacat yang timbul [9], [10]. Analisa awal pada proses cetak injeksi plastik dilakukan dengan simulasi cetak pada perangkat lunak guna mengetahui potensi cacat dan prediksi hasil cetak yang optimal [11].

Penelitian yang telah dilakukan tidak fokus terhadap penentuan posisi dan jumlah gate, melainkan fokus terhadap bahan material yang digunakan dan metode yang digunakan [12], [13]. Penelitian bertujuan untuk optimalisasi letak dan jumlah gate yang berfokus pada simulasi proses cetak injeksi plastik menggunakan Moldflow. Meskipun pada penelitian sebelumnya fokus pada parameter proses cetak injeksi plastik dengan posisi gate yang tetap mendapat hasil optimal [14].

Berdasarkan pernyataan tersebut penelitian ini bertujuan untuk menentukan letak dan jumlah gate yang optimal menggunakan metode kombinasi. Jika pada penelitian sebelumnya menggunakan pembandingan metode atau material, maka pada penelitian ini berfokus pada kombinasi letak dan jumlah gate dengan beberapa variasi yang dibuat agar menemukan hasil optimal.

2. Literatur Review

Lokasi gate pada optimalisasi proses cetak injeksi plastik tergantung pada penggunaan bahan plastik dan spesifikasi produk [7]. Bahan plastik dan spesifikasi produk bisa membantu percepatan temperature cetakan dan temperature leleh ketika proses cetak injeksi dilakukan yang mana sistem pendinginan yang tepat membentuk deformasi lebih optimal [8]. Perkenalan simulasi komputer pada sistem uji coba proses cetak injeksi sudah dilakukan lebih dari satu dekade lalu, menurut [16] menyebutkan penggunaan simulasi komputer pada proses cetak injeksi memiliki dampak yang signifikansi. Peningkatan pemakaian simulasi perangkat lunak mampu meningkatkan optimisasi pada proses cetak injeksi plastik. Penggunaan metode optimisasi seperti ANOVA, Neural Network serta Genetika Algoritma tidak seakurat dengan hasil yang diberikan simulasi analisis [9]. Desain proses cetak injeksi perlu dibentuk dahulu guna mengetahui optimalisasi dari proses sebelum produksi massal [5]. Desain proses tersebut menggunakan simulasi komputer yang memudahkan produsen atau staff R&D (Research and Development) dalam melakukan uji coba produksi massal. Namun, sebagai referensi tambahan optimalisasi

perlu ada penggabungan metode seperti yang dilakukan [2] didukung oleh [17] yang menyebutkan Genetika Algoritma memberikan peningkatan nilai optimal pada penentuan lokasi dan jumlah gate.

3. Metode

Tahap pertama pada metode ini adalah penentuan materi plastik yang akan digunakan yang ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Parameter Uji

No	Data Material Plastik ABS GA-501 By Nippon A&L	
1	Material	ABS GA-501
2	Solid Density	1.04 g/cm
3	Mold Shrinkage	0.4 – 0.6 %
4	Melt Flow	33.28 g
5	Yield Strength	42 MPa
6	Melt Temperature	200 – 260 °C
7	Mold Temperature	40 – 90 °C
8	Drying Temperature	80 – 90 °C

Setelah menentukan bahan material yang akan digunakan, selanjutnya menentukan jumlah percobaan dengan metode kombinasi untuk mengetahui jumlah percobaan disetiap gate yang akan dilakukan pada simulasi untuk menemukan hasil yang optimal. Rumus penentuan jumlah simulasi pada metode kombinasi gate sebagai berikut:

$$nC_r = \frac{n!}{r!(n-r)!} \quad (1)$$

Dimana:

n : Jumlah objek yang dapat kita pilih.

c : Kombinasi.

r : Jumlah yang harus kita pilih.

Penentuan gate 1 akan dilakukan pada perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 nC_r &= \frac{n!}{r!(n-r)!} \\
 6C_1 &= \frac{6!}{1!(6-1)!} \\
 &= \frac{6!.5!}{1!.5!} \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

Penentuan gate 2 berikut perhitungan yang dilakukan:

$$\begin{aligned}
 nC_r &= \frac{n!}{r!(n-r)!} \\
 6C_2 &= \frac{6!}{2!.4!} \\
 &= \frac{6!.5!.4!}{2!.4!}
 \end{aligned}$$

$$= 15$$

Penentuan gate 3 akan ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} nCr &= \frac{n!}{r!(n-r)!} \\ 6C3 &= \frac{6!}{3!2!} \\ &= \frac{6! \cdot 5! \cdot 4!}{3! \cdot 2!} \\ &= 20 \end{aligned}$$

Secara berurutan percobaan untuk gate 1, gate 2, dan gate 3 yaitu 6, 15 dan 20. Setelah penentuan percobaan ditentukan maka akan dilakukan simulasi di software moldflow.

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan menggunakan 3 skenario letak dan jumlah gate yang digunakan yaitu 1 gate, 2 gate, dan 3 gate. Tabel 4.1 menunjukkan parameter yang akan sebagai uji menggunakan metode kombinasi.

Tabel 4.1 Parameter Uji

Variabel Tetap	Variabel Bebas	Variabel Terkait
Packing Time	<i>Injection Time</i>	<i>Injecton Pressure</i>
Melt Temperature	Filling Time	<i>Weld Line</i>
Mold Temperature		<i>Bulk Temperature</i>
Clamping Force		<i>Sink Marks Estimate</i>
		<i>Volumetric Shrinkage</i>
		<i>Sink Mark Index</i>

Tabel 4.2 akan menunjukkan target penelitian yang dimana terdiri dari parameter dan target penelitian.

Tabel 4.2 Target Penelitian

No	Parameter	Target
1	Injection pressure	Injection pressure tidak lebih dari 138MPa dari mesin plastik injeksi
2	Weld line	Mendapatkan nilai sudut yang tidak kurang dari 130[degree].
3	Bulk temperature	Mendapatkan nilai suhu yang rendah tidak melebihi dari 260°C
4	Sink marks index	Mendapatkan nilai sink mark index yang minim
5	Volumatric shrinkage	Mendapatkan nilai pesentase yang minim
6	Sink marks estimate	Mendapatkan nilai yang minim (semakin kecil kedalaman semakin baik)

4.1. Data Hasil Pengujian

Tabel 4.3 menunjukkan jumlah gate sesuai dengan skenario yang dibuat, dimana temperatur dan waktu pengepakan ditentukan nilainya berdasarkan katalog material plastic.

Tabel 4.3 Parameter Tetap

Jumlah Gate	Melt Temperature	Mold Temperature	Packing Time
1	210°C	50°C	10s
2	210°C	50°C	10s
3	210°C	50°C	10s

Pada penelitian ini menggunakan metode kombinasi sehingga menghasilkan 41 percobaan untuk mengetahui letak dan posisi gate yang optimal. Analisis menggunakan Moldflow yang ditujukan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian

no	Injecti on Time (s)	Filling Time (s)	Injection pressure (Mpa)	Weld Line [deg]	Bulk Tempe rature [C]	Sink marks index [%]	Volumet ric Shrinka ge [%]	Sink marks estimate [mm]
1	1.90	2.507	131.4	135.0	233.5	2.695	10.22	0.0534
2	1.90	2.314	131.9	135.0	233.7	2.871	10.23	0.0560
3	1.80	2.098	133.3	135.0	234.0	3.052	10.22	0.0581
4	1.80	2.240	134.0	135.0	234.2	3.116	10.08	0.0604
5	1.90	2.192	135.8	135.0	234.9	3.142	10.06	0.0612
6	1.90	3.121	132.4	135.0	233.6	2.630	9.936	0.0522
7	1.70	2.391	121.0	135.0	235.8	1.949	9.515	0.0556
8	1.70	2.484	119.1	135.0	235.7	1.918	9.419	0.0603
9	1.80	2.984	120.8	135.0	235.9	1.980	9.126	0.0588
10	1.70	2.544	122.3	135.0	235.0	1.805	9.544	0.0548
11	1.80	2.090	128.0	135.0	234.8	2.454	9.944	0.0624
12	1.70	2.135	136.0	135.0	239.0	1.069	9.713	0.0388
13	1.70	2.133	135.4	135.0	239.8	0.6933	9.694	0.0333
14	1.70	2.265	132.4	135.0	238.9	1.014	9.643	0.0395
15	1.80	2.108	127.4	135.0	234.7	2.447	10.01	0.0571
16	1.60	2.111	135.4	135.0	240.5	0.6697	9.911	0.0366
17	1.80	2.102	133.6	135.0	238.9	0.8127	9.739	0.0385
18	1.50	1.918	127.7	135.0	235.1	2.412	9.747	0.0561
19	1.60	1.918	131.7	135.0	239.2	0.8317	9.924	0.0442
20	1.60	1.828	127.9	135.0	235.5	2.446	9.737	0.0564
21	1.70	1.961	128.4	135.0	235.6	2.560	9.264	0.0588
22	1.70	1.987	127.7	135.0	235.7	2.404	9.875	0.0990
23	1.60	1.868	129.6	135.0	236.3	2.256	9.812	0.0919
24	1.70	1.966	128.5	135.0	235.7	2.205	9.848	0.0908
25	1.70	1.980	127.5	135.0	236.7	2.041	9.862	0.0846
26	1.60	1.972	130.2	135.0	237.5	1.526	9.844	0.0724
27	1.70	1.968	128.5	135.0	235.7	2.257	9.852	0.0919
28	1.70	1.978	127.8	135.0	235.8	2.121	9.850	0.0883
29	1.50	1.814	121.6	135.0	238.3	2.252	9.898	0.0919
30	1.50	1.719	129.9	135.0	237.1	1.821	9.833	0.0783
31	1.60	1.797	124.1	135.0	236.6	2.608	9.859	0.1380

32	1.50	1.800	124.1	135.0	237.0	2.530	9.812	0.1350
33	1.40	1.667	126.6	135.0	238.0	2.139	9.867	0.0912
34	1.60	1.874	127.9	135.0	237.1	1.950	9.862	0.0824
35	1.70	1.959	128.2	135.0	236.0	1.707	9.802	0.0755
36	1.70	2.155	136.1	135.0	247.0	1.494	9.942	0.0770
37	1.40	1.651	122.1	135.0	237.2	2.353	9.861	0.1001
38	1.40	1.624	118.3	135.0	236.5	2.313	9.880	0.0980
39	1.40	1.795	133.1	135.0	249.9	1.666	9.832	0.0865
40	1.50	1.925	133.2	135.0	248.4	1.695	9.835	0.0866
41	1.40	1.616	119.5089	135.0	31.52	3.045	9.825	0.1553

Hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.4 merupakan parameter yang telah ditetapkan menghasilkan nilai optimal yang di dapat dari pengujian menggunakan metode kombinasi menggunakan Moldflow.

Berikut perhitungan jarak tempuh dari Panjang (L) dan ketebalan (T) untuk 1 gate, 2 gate, 3 gate :

Perhitungan L/T 1 gate

Diketahui:

Length (L) = 402 mm

Thickness (T) = 2.3 mm

Ditanya:

Jarak tempuh (Jt)

Jawab:

$$Jt = \frac{402}{2.3} = 174,7 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan L/T tersebut jika melebihi dari 174,7 gunakan gate yang lebih optimal agar tidak melebihi dari hasil tersebut.

Perhitungan L/T 2 gate

Diketahui:

Length (L) = 278 mm

Thickness (T) = 2.3 mm

Ditanya:

Jarak tempuh (Jt)

Jawab:

$$Jt = \frac{278}{2.3} = 120,8 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan L/T tersebut jika melebihi dari 120,8 gunakan gate yang lebih optimal agar tidak melebihi dari hasil tersebut.

Perhitungan L/T 3 gate

Diketahui:

Length (L) = 205 mm

Thickness (T) = 2.3 mm

Ditanya:

Jarak tempuh (Jt)

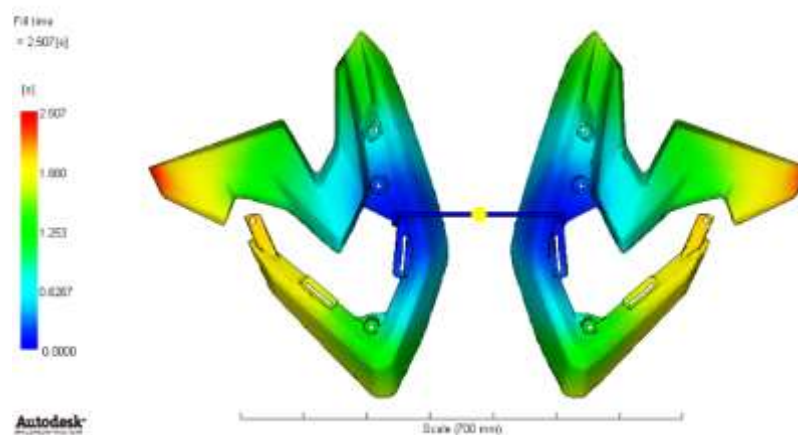
Jawab:

$$Jt = \frac{247}{2.3} = 107,3 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan L/T tersebut jika melebihi dari 107,3 gunakan gate yang lebih optimal agar tidak melebihi dari hasil tersebut.

4.2. Pembahasan Hasil

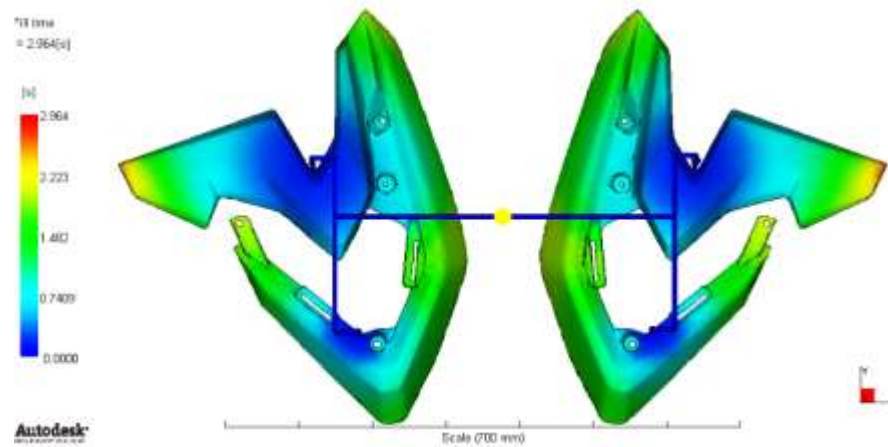
a. Hipotesis *Gate 1*



Gambar 4. 1 Gate 1

Gambar 4.1 menunjukkan hasil dari skenario gate 1 dan dapat dilihat dari tabel 4.4 Pengujian menggunakan satu gate, hasil yang cukup optimal untuk satu gate ada pada nomor 6 dengan hasil nilai Injection time 1.90s, Filing time 3.121s, injection pressure 132.4Mpa, weld line 135.0[deg], bulk temperature 233.6c, sinkmarks index 2.630%, volumetric shrinkage 9.936% dan sinmarks estimate 0.0522mm. Hasil yang di dapatkan jika menggunakan 1 gate tersebut masih kurang optimal melihat dari injection pressure yang rendah menyebabkan laju aliran kurang baik serta kedalaman dari sinkmarks estimate cukup dalam, dan melihat dari perhitungan jarak tempuh yang cukup jauh berkisar 174,7mm.

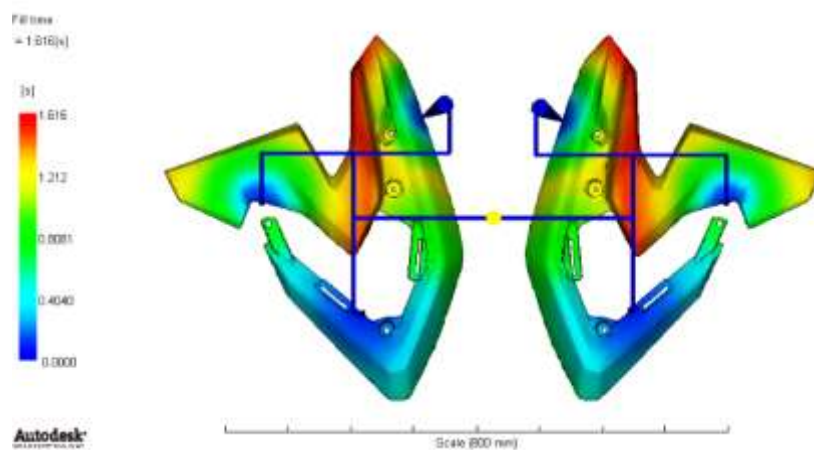
b. Hipotesis Gate 2



Gambar 4. 2 Gate 2

Melihat dari tabel 4.4 Pengujian menggunakan dua gate, hasil yang cukup optimal untuk dua gate ada pada nomor 13 dengan hasil nilai Injection time 1.70s, Filing time 2.133s, injection pressure 135.4Mpa, weld line 135.0[deg], bulk temperature 239.8c, sinkmarks index 0.6933%, volumetric shrinkage 9.694% dan sinmarks estimate 0.0333mm. Hasil yang di dapatkan jika menggunakan 2 gate tersebut yang optimal dikarenakan injection pessure tidak terlalu besar serta panjang kedalaman sinkmarks estimate yang cukup kecil, dan melihat dari perhitungan jarak tempuh yang relatif baik berkisar 120.8mm.

c. Hipotesis Gate 3



Gambar 4. 3 Gate 3

Gambar 4.3 menunjukkan hasil dari skenario yang dibuat pada tabel 4.3 dengan parameter yang telah ditentukan dapat dilihat dari hasil tabel 4.4 Pengujian menggunakan tiga gate, hasil yang cukup optimal untuk tiga gate ada pada nomor 35 dengan hasil nilai Injection time 1.70s, Filing time 1.959s, injection pressure 128.2Mpa, weld line 135.0[deg], bulk temperature 236.0c, sinkmarks index 1.707%, volumetric shrinkage 9.802% dan sinmarks estimate 0.0755mm. Hasil yang di dapatkan jika menggunakan 3 gate tersebut kurang optimal, melihat dari perhitungan jarak tempuh yang sangat cepat berkisar 107.3mm dapat memicu terjadinya kebocoran material dan lain sebagainya.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan penggunaan 2 gate pada posisi tersebut pada komponen Cowl B L/R Middle dapat menghasilkan produk yang optimal. Hasil tersebut dibuktikan dengan nilai injection time 1.70 s, filing time 2.133 s, injection pressure 135.4 Mpa, weld line 135.0°, bulk temperature 239.8 °C, sinkmarks index 0.6933%, volumetric shrinkage 9.694% dan sinmarks estimate 0.0333 mm yang masih berada pada batas nilai yang diijinkan.

Referensi

- [1] B. S. Solanki, H. Singh, and T. Sheorey, "Design optimization of feed system for injection molded polymer gear," *Mater. Today Proc.*, vol. 47, no. xxxx, pp. 3418–3424, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.07.289.
- [2] E. A. Wibowo, T. Sukarnoto, and Y. T. Wibowo, "Research of Injection Molding Parameters with Acrylonitrile Butadiene Styrene Composition Recycled Against Mechanical Properties," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1230, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1230/1/012084.
- [3] E. Oliaei *et al.*, "Warpage and Shrinkage Optimization of Injection-Molded Plastic Spoon Parts for Biodegradable Polymers Using Taguchi, ANOVA and Artificial Neural Network Methods," *J. Mater. Sci. Technol.*, vol. 32, no. 8, pp. 710–720, 2016, doi: 10.1016/j.jmst.2016.05.010.
- [4] F. Y. Astuti and E. A. Wibowo, "Pengembangan Desain Konstruksi Mold Module Box Cover di Politeknik Manufaktur Astra," *Technol. - Politek. Manufaktur Astra*, vol. 12, no. 1, pp. 33–38, 2021.
- [5] P. Hussain Babu and T. V. Vardan, "Computer Simulation for Finding Optimum Gate Location in Plastic Injection Moulding Process," *J. Eng. Res. Appl. www.ijera.com*, vol. 3, no. 6, pp. 947–950, 2013.
- [6] A. B. Munankar, N. A. Sitap, A. A. Tembhurkar, M. B. Thakur, and S. S. Kanse, "Simulation for optimum gate location in plastic injection moulding for spanner," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 06, no. 04, pp. 1228–1234, 2019.
- [7] V. Senkerik, M. Stanek, M. Manas, D. Manas, A. Skrobak, and J. Navratil, "Gate location and cooling system optimization," *Int. J. Math. Comput. Simul.*, vol. 6, no. 6, pp. 558–565, 2012.
- [8] B. Chouychai, R. Manthung, S. Sricharoen, and T. Morawong, "Heuristic optimization for gate location in injection molding using Gaussian curvature of NURBS," *2016 13th Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Telecommun. Inf. Technol. ECTI-CON 2016*, 2016, doi: 10.1109/ECTICon.2016.7561270.
- [9] A. Wibowo and E. Sofyan, "Optimization of Warpage Defects of Base Pencil Box by Using Backpropagation Neural Network and Genetic Algorithm," pp. 17–22.
- [10] N. yang Zhao, J. yuan Lian, P. fei Wang, and Z. bin Xu, "Recent progress in minimizing the warpage and shrinkage deformations by the optimization of process parameters in plastic injection molding: a review," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, pp. 85–101, 2022, doi: 10.1007/s00170-022-08859-0.
- [11] B. Szabo and I. Babuska, *Finite Element Analysis (Methode, Verification, and Validation)*, Second Edi., vol. Second Edi. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2021.
- [12] Patel, "Analysis of Quality Control in Efforts to Reduce The Level of Product Defects at PT. MAG," vol. 7, no. 1, pp. 9–25, 2019.
- [13] J. Jusnita, I. Hasan, M. R. Fauzi, D. Denur, Y. Yuhelson, and J. Japri, "Program Bengkel Dan Pelatihan Training Otomotif Di Kelurahan Labuhbaru Barat Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru," *J. Pengabd. UntukMu Negeri*, vol. 1, no. 2, pp. 86–91, 2017, doi: 10.37859/jpumri.v1i2.241.

- [14] J. Fu, X. Zhang, L. Quan, and Y. Ma, "Concurrent structural topology and injection gate location optimization for injection molding multi-material parts," *Adv. Eng. Softw.*, vol. 165, no. January, p. 103088, 2022, doi: 10.1016/j.advengsoft.2022.103088.
- [15] R. J. Bensingh, R. Machavaram, S. R. Boopathy, and C. Jebaraj, "Injection molding process optimization of a bi-aspheric lens using hybrid artificial neural networks (ANNs) and particle swarm optimization (PSO)," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 134, pp. 359–374, 2019, doi: 10.1016/j.measurement.2018.10.066.
- [16] S. R. Pattnaik, "Application of Computer Simulation for Finding Optimum Gate Location in Plastic Injection," *Int. J. Adv. Eng. Res. Stud. E-ISSN2249–8974 Res.*, pp. 9–11, 2012.
- [17] X. Chen and X. C. Wang, "The application of improved genetic algorithm in gate location optimization of plastic injection molding," *Adv. Mater. Res.*, vol. 694 697, pp. 2721–2724, 2013, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.694-697.2721.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)