

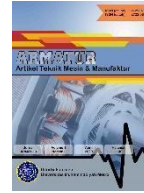


Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>



Perancangan Cetakan Untuk *Molding* Injeksi Plastik *Cover Planting arm* Pada Mesin *Rice transplanter*

Adi Bayu^{1*}, Rany Puspita Dewi², Trisma Jaya Saputra³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Fakultas Teknik
Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman No. 39, Potrobangsari, Magelang Utara, Kota
Magelang,
Jawa Tengah 56116, Indonesia

ARTICLE INFO

Keywords: *Injection Molding, SolidWorks Plastic, Inventor Cam, Machine Rice transplanter, Mold*

ABSTRACT

The growth of the manufacturing industry and the demand for high-quality agricultural machinery components have driven the adoption of injection molding to produce plastic parts efficiently and consistently. One component requiring a suitable mold design is the planting arm cover for rice transplanters. However, studies specifically addressing the mold design for this component incorporating polymer filling analysis, weld line prediction, and digital machining process verification remain limited. This study aims to design an injection molding tool and analyze its performance using CAE and CAM simulations. A quantitative research approach was employed, utilizing SolidWorks 2022 for design and simulations regarding fill time, weld lines, and confidence of fill, while Autodesk Inventor 2025 was used for CAM simulation. The mold was designed using Aluminum 6061 at a temperature of 80°C, with Polypropylene (PP) processed at varying temperatures of 200°C and 210°C. The results indicate a fill time of 1.3614 seconds for both temperature variations and a confidence of fill of 100%; maximum weld line values were 149.49° at 200°C and 149.4° at 210°C. The CAM simulation executed without errors. These findings demonstrate that the mold design ensures complete and consistent cavity filling and is suitable as a basis for mold fabrication using CNC machining.

*Corresponding author: adib7202@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.12516>

Received 11 July 2026; Received in revised form 27 July 2026; Accepted 28 July 2026

Available online 1 September 2026

Pendahuluan

Mekanisme dalam sektor pertanian memiliki peran krusial dalam meningkatkan efisiensi dan hasil dari proses penanaman padi. Pemanfaatan mesin *rice transplanter* mampu mempercepat waktu penanaman jika dibandingkan dengan cara konvensional, sehingga penggunaan mesin *rice transplanter* berkontribusi pada peningkatan efisiensi dalam aktivitas pertanian [1].

Mesin *rice transplanter* adalah alat penanam padi yang dilengkapi dengan mekanisme yang dirancang khusus untuk mempermudah proses penanaman padi [2]. Pemanfaatan mesin *rice transplanter* memiliki pengaruh yang menguntungkan terhadap para petani dan cara menanam serta hasil panen padi [3].

Salah satu komponen penting dari mesin *rice transplanter* adalah *planting arm* yang berperan sebagai elemen utama dalam fase pemindahan dan penanaman bibit padi, sekaligus dapat beroperasi dalam kondisi lingkungan basah [4]. Untuk menjaga bagian dalam *planting arm*, diperlukan *cover* yang dapat tahan terhadap korosi. Dengan demikian, plastik dengan jenis *polypropylene* merupakan bahan yang ideal karena dapat digunakan pada lingkungan persawahan [5].

Pengolahan plastik yang sering diterapkan adalah dengan metode injeksi plastik. Pencetakan tersebut merupakan teknik pengolahan plastik yang menggunakan biji *polimer* yang dilelehkan untuk menciptakan bagian plastik yang sama dalam waktu singkat [6].

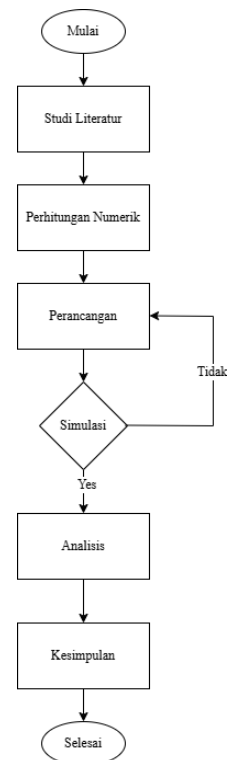
Perancangan yang efektif untuk pencetakan injeksi plastik dilakukan dengan memanfaatkan teknologi CAD/CAE. *Software* seperti *fusion 360* memungkinkan perancangan dan evaluasi *mold* [7]. Sebelum melakukan simulasi CAE, diperlukan acuan pada titik cair *polimer* supaya nilai dan hasil dari simulasi dapat terverifikasi dengan jelas. Titik cair pada *polimer polypropylene* terjadi pada suhu 180°C -260°C [8].

Berdasarkan penelitian terdahulu, perlu adanya pengembangan terkait perancangan cetakan injeksi plastik pada *cover planting arm* dengan variasi penggunaan *software solidworks 2022* agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar fungsional. Serta pengembangan pada simulasi CAE terkait *simulasi fill time*, *weld line*, dan *confidence of fill* supaya dapat menunjukkan alur pengisian dan cacat produk pada *cover planting arm*.

Penelitian ini diharapkan mampu mencapai desain cetakan yang optimal selama proses pembuatan, serta mengurangi produk cacat sehingga dapat meningkatkan kinerja mesin *rice transplanter*.

Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan menghitung data yang telah dikumpulkan. Desain serta simulasi dilakukan dengan *software solidworks 2022* dan *inventor 2026*. Proses penelitian ini disusun secara sistematis, dimulai dari teknik pengumpulan data hingga analisis dan hasil simulasi. Penjelasan atas metode penelitian ini dapat dilihat pada gambar...



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan analisis data serta dokumen tertulis yang berkaitan dengan penelitian ini.

2.2 Perhitungan Numerik

Pada penelitian ini, perhitungan numerik diterapkan sebagai faktor acuan dalam pengembangan cetakan *molding* serta proses simulasi. Pada tahap ini, dilakukan perhitungan berat produk, volume *polimer*, serta perhitungan saluran masuk seperti *sprue*, dan *runner*. Hal tersebut dilakukan untuk mengurangi cacat dalam proses pembuatan produk [9]. Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini.

a. Volume *polimer*

$$V_p = V / d_p \quad (1)$$

Keterangan:

V_p : Volume *Polypropylene* (mm^3)

V : Volume produk akhir (mm^3)

d_p : Densitas *Polypropylene* (kg/mm^3)

b. Kecepatan injeksi

$$v = V / t \quad (2)$$

Keterangan:

v : Kecepatan *injection* (mm/s)

V : Volume produk (mm^3)

t : Waktu *injection* (s)

c. Saluran masuk (*Sprue*)

$$d_f = S_{max} + 1,0 \text{ mm} \quad (3)$$

Keterangan:

S_{max} : Tebal maksimal produk (mm)

d_f : Diameter bawah (mm)

d_N : Diameter nozzle (2 mm)

d. Saluran *runner*

$$D = S_{max} + K \quad (4)$$

Keterangan:

D : Diameter *runner* (mm)

S_{max} : Tebal maksimal produk (mm)

K : Konstanta (1,5 mm)

2.3 Perancangan Cetakan

Pada tahap perancangan cetakan mencakup pembuatan sketsa untuk saluran dan pembuatan cetakan *molding*

berdasarkan analisis angka dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks* 2022, sehingga memungkinkan untuk melihat secara rinci tentang gambar, wujud, serta dimensi alat yang akan diproduksi [10].

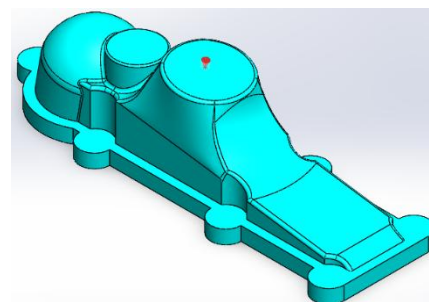
2.4 Simulasi

Simulasi merupakan metode digital yang menggunakan perangkat lunak komputer untuk menciptakan model, menganalisis, serta memprediksi perilaku suatu sistem atau proses sebelum produksi fisik dilakukan [11].

Terdapat dua tipe simulasi yang dilakukan yaitu simulasi CAE dan CAM. Simulasi CAE mengenai *fill time*, *weld line*, dan *confidence of fill* dengan menggunakan software *solidworks* 2022 [12]. Simulasi CAM menggunakan software *autodesk inventor*, dimana dilakukan pada desain rancangan cetakan untuk mengetahui desain mekanik [13].

Pada penelitian ini, simulasi digunakan untuk mengevaluasi parameter yang dihasilkan untuk menentukan rancangan ke tahap produksi. Parameter yang digunakan yaitu terdapat dua variasi suhu *polimer polypropylene* yaitu 200°C , dan 210°C dengan suhu cetakan *aluminium* 6061 sebesar 80°C .

Terdapat *type mesh* yang digunakan yaitu *tetrahedral hybrid* dengan ukuran standar yaitu 1,5 mm. Untuk lokasi injeksi pada produk terdapat pada titik bagian atas. Gambar lokasi injeksi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Lokasi injeksi

2.5 Analisis

Analisis data diperoleh dari hasil simulasi pada cetakan permanen tersebut. Simulasi dilakukan dengan parameter suhu cetakan 80°C dan variasi suhu plastik *polypropylene* cair 200°C, 220°C. Hasil dari simulasi ini meliputi *fill time*, *weld line*, *confidence of fill*.

2.6 Kesimpulan

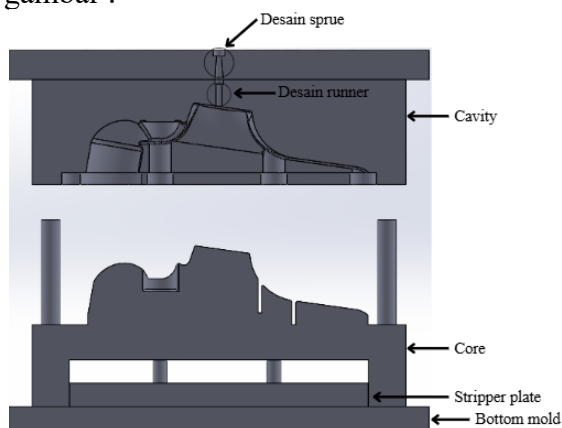
Kesimpulan merupakan ringkasan inti dari keseluruhan isi laporan yang merangkum hasil akhir, pokok-pokok penting, dan jawaban atas permasalahan yang dibahas. Kesimpulan tidak membahas tentang pokok diluar topik seperti proses pembuatan cetakan langsung atau proses permesinan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

3.1 Hasil Perancangan

Cetakan merupakan elemen krusial dalam prosedur produksi injeksi plastik [14]. Penyusunan cetakan untuk *molding* injeksi plastik dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak solidworks 2022 untuk desain 3D. Rancangan cetakan dapat dilihat pada gambar .



Gambar 3. Desain cetakan

3.2 Perhitungan Numerik

Dalam penelitian ini, perhitungan numerik dilakukan guna sebagai acuan dalam pembuatan cetakan dan pelaksanaan simulasi. Perhitungan yang digunakan meliputi:

Tabel 1. Hasil perhitungan numerik

No.	Jenis Perhitungan	Hasil
1.	Volume <i>polimer</i>	$1,75 \times 10^{10} \text{ mm}^3$
2.	Kecepatan <i>injection</i>	7,09 m/s
3.	Diameter <i>sprue</i> bawah	3,5 mm
4.	Diameter <i>runner</i>	2,5 mm

3.3 Analisis hasil simulasi

Hasil simulasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi *fill time*, *weld line*, dan *confidence of fill*, serta simulasi CAM.

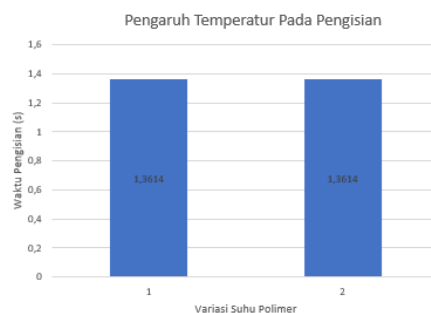
3.4 Simulasi Solidworks Plastic

1. Simulasi *fill time*

Fill time merupakan waktu yang diperlukan *polimer* agar dapat memenuhi ruang cetakan. Pemahaman mengenai simulasi *fill time* bertujuan untuk mengetahui bagian yang mungkin beresiko terhadap pengisian yang kurang sempurna (*short shot*) [15].

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada kedua variasi suhu *polimer* cair yaitu 200°C, dan 210°C, terlihat bahwa waktu pengisian yang diperlukan adalah 1,3614 sec dengan rongga cetakan terisi secara sempurna, sehingga dapat disimpulkan bahwa simulasi *fill time* pada suhu 200°C, dan 210°C berlangsung baik tanpa adanya turbulensi.

Hasil dari simulasi *fill time* ditunjukkan dengan grafik dan dapat dilihat pada gambar 4. Dibawah.



Gambar 4. Simulasi *fill time* suhu 200°C

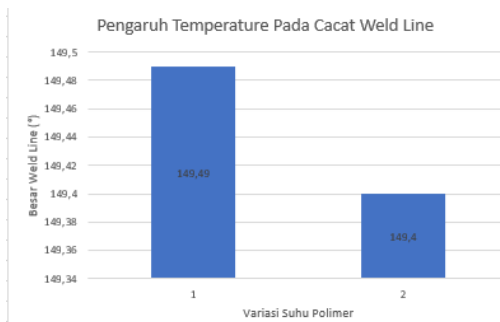
Proses simulasi *confidence of fill* dapat dilihat melalui hasil dari simulasi *fill time*. Jika rongga cetakan terisi sepenuhnya maka dapat disimpulkan bahwa simulasi

confidence of fill menunjukkan nilai 100% atau sempurna [16].

2. Simulasi *weld line*

Weld line merupakan cacat umum dalam proses cetak injeksi. Menganalisis *weld line* sangat penting untuk memastikan bahwa cacat tersebut tidak mengganggu integritas struktural ataupun tampilan produk akhir [17].

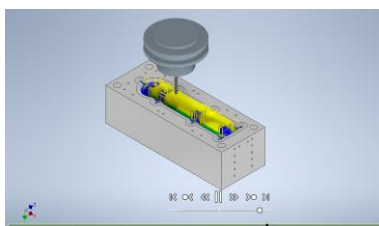
Hasil simulasi *weld line* pada suhu 200°C, dan 210°C dalam penelitian ini menunjukkan prediksi lokasi titik lemah pada produk. Nilai maksimum yang ditunjukkan adalah 149,49°, dan 149,4°. Dari hasil simulasi pada kedua variasi *polimer* cair tersebut, dapat disimpulkan bahwa peningkatan suhu yang dilakukan tidak memberikan dampak yang signifikan. Hasil simulasi *weld line* pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



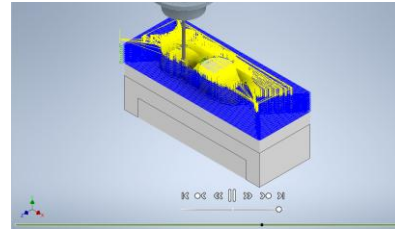
Gambar 3. Simulasi *weld line* suhu 200°C

3.5 Simulasi CAM

Salah satu perangkat lunak yang umum digunakan untuk pemrograman CAM adalah *Autodesk Inventor*. *Autodesk Inventor* merupakan program pemodelan 3D. Hasil simulasi CAM ditunjukkan pada gambar 4. untuk *cam cavity*, dan gambar 5. untuk *cam core*.



Gambar 4. Simulasi *cam cavity*



Gambar 5. Simulasi *cam core*

Pada penelitian ini, proses simulasi CAM memiliki beberapa informasi terkait apa spesifikasi dalam proses simulasi. Informasi tersebut dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi simulasi

<i>Toolpath</i>	Ø6R1,5mm bullnose
<i>Spindle Speed</i>	5.000 rpm
<i>Cutting Feedrate</i>	1000 mm/menit
<i>Machining Time</i>	3 Jam 20 menit

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perancangan cetakan *molding* menggunakan *software solidworks* mampu menghasilkan desain cetakan yang terintegrasi secara optimal. simulasi CAM yang dilakukan menggunakan *software autodesk inventor* untuk menggambarkan proses permesinan pada cetakan dan sebagai langkah persiapan untuk proses produksi menggunakan mesin CNC. Pada simulasi CAM tersebut, dapat dikatakan bahwa simulasi berjalan dengan lancar karena tidak ada *crash* atau masalah pada saat *running*

Pada kedua variasi simulasi *fill time* yang dilakukan pada suhu *polimer polypropylene* mampu mengisi rongga cetakan yang sempurna dan konsisten. Untuk simulasi *confidence of file* mencapai nilai 100% yang menunjukkan bahwa tidak ada cacat dalam proses pengisian *polimer* kedalam rongga cetakan selama proses injeksi pada ketiga variasi suhu tersebut. Selanjutnya hasil simulasi *weld line* pada kedua variasi suhu *polimer* tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan suhu dalam *range* tersebut tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap integritas pada produk, sehingga kualitas struktural produk tetap terjaga. Nilai dari simulasi yang dilakukan ditunjukkan pada table 3.

Tabel 3. Nilai hasil simulasi

No	Simulasi	Suhu 200°C	Suhu 210°C
1	<i>Fill time</i>	1,3614 sec	1,3614 sec
2	<i>Weld line</i>	149,49°	149,4°
3	<i>Confidence of fill</i>	100%	100%

Dari kedua variasi suhu *polimer* cair, dapat disimpulkan bahwa waktu yang paling cepat untuk *polimer* dapat mengisi seluruh rongga cetakan ditunjukkan pada suhu 210°C dengan hasil waktu pengisian yang sama namun dengan tingkat maksimum pada simulasi *weld line* sebesar 149,4° menunjukkan produk dapat menahan beban struktural yang baik.

Secara keseluruhan, perpaduan antara desain cetakan yang akurat dan parameter pada simulasi yang terkontrol menunjukkan bahwa proses injeksi cetakan untuk produk tersebut dapat berjalan dengan efisien dan prediksi cacat yang minim, serta memberikan dasar perhitungan numerik yang akurat untuk tahap produksi manufaktur selanjutnya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil desain dan simulasi, serta pembahasan yang disajikan pada bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain cetakan injeksi untuk penutup lengan penanam plastik yang digunakan sebagai komponen mesin penanam padi telah berhasil dikembangkan. Desain tersebut mencakup *sprue*, *runner*, *cavity*, dan *core*, serta pelat stripper untuk mempermudah pelepasan produk dari cetakan.
2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rongga cetakan terisi secara penuh dengan simulasi *confidence of fill* mencapai nilai 100%, sementara simulasi *weld line* mengindikasikan bahwa produk memiliki kualitas struktural yang baik.
3. Simulasi CAM menunjukkan tidak adanya tabrakan (*crash*) atau kegagalan lain selama proses simulasi

berlangsung. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rancangan cetakan injeksi moldi untuk *cover planting arm* dapat digunakan sebagai landasan untuk melanjutkan ke tahap pembuatan produk pada mesin CNC.

4. Keterbatasan pada penelitian ini yaitu belum dilakukannya proses pencetakan injeksi secara nyata dan belum adanya validasi secara eksperimental terkait produk yang dihasilkan oleh cetakan. Oleh sebab itu, perlu adanya validasi terkait proses produksi dan pengujian eksperimental agar memastikan kesesuaian antara hasil simulasi dengan kondisi nyata.

Referensi

- [1] G. Guruh, S. P. Nendah, S. Dety, and D. Agi, "Faktor yang Mempengaruhi Keputusan Pemanfaatan *Alat Rice Transplanter* dan Dampaknya Terhadap Efisiensi Biaya Produksi dan Pendapatan Usahatani Padi (*Oryza sativa*, L)," *J. Greenation Pertan. dan Perkeb.*, vol. 2, no. 1, pp. 133–141, Aug. 2023, doi: <https://doi.org/10.38035/jgpp.v2i1>.
- [2] B. Pourrahman, S. Firouzi, and M. S. Allahyari, "*A Comprehensive Look at the Universal Self-Propelled Rice Transplanters Using Analytic Hierarchy Process (A case of a Developing Country)*," pp. 51–69, Jun. 2022, Online. Available: [agricengint](https://doi.org/10.38035/jgpp.v2i1).
- [3] E. Kembauw, S. L. Safitri, and I. P. N. Damanik, "Pengaruh Penggunaan *Mesin Rice Transplanter* terhadap Efisiensi Waktu dan Biaya pada Petani Sawah di Desa Debowae Kabupaten Buru," *Owner*, vol. 6, no. 3, pp. 3200–3206, Jul. 2022, doi: 10.33395/owner.v6i3.1034.
- [4] A. Azadi, T. Mandang, W. Hermawan, and M. Mardison, "*Modular System Design of Jajar Legowo Rice Transplanter Machine*," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.)*, vol. 14, no. 4, pp. 1176–

- 1188, Jul. 2025, doi: 10.23960/jtepl.v14i4.1176-1188.
- [5] I. S. Mulyana, "Analisa Pengaruh Cacat Produk *Air Traps* Pada Simulasi *Injection Molding*," *J. Ilm. Tek.*, vol. 3, no. 1, pp. 74–80, Jan. 2024, doi: 10.56127/juit.v3i1.1164.
- [6] Rosato, *Injection Molding Handbook*. Boston, MA: Springer US, 2000. doi: 10.1007/978-1-4615-4597-2.
- [7] U. A. Atmoko, A. Gamayel, Zulhamidi, M. L. Sf, M. Priyadi, and M. Zaenudin, "Analisis Desain *Mold Plastic Injection Molding* untuk produk *Miswak Toothbrush* dengan Software fusion 360," *Integr. Mech. Eng. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 43–57, May 2024, doi: 10.56904/imejour.v2i1.28.
- [8] I. Mujiarto, "Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif," vol. 3, no. 2, 2005, [Online]. Available: <https://mesinunimus.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/02/sifat-karakteristik-material-plastik.pdf>
- [9] A. Kaswadi and E. A. Wibowo, *Perancangan Mold 2*. in 1. ICONETSI, 2020.
- [10] A. S. S. Alhammadi, S. Saidin, and M. H. Ramlee, "Simulation Analyses Related to Human Bone Scaffold: Utilisation of Solidworks® Software in 3D Modelling and Mechanical Simulation Analyses," *J. Hum. Centered Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 97–104, Aug. 2022, doi: 10.11113/humentech.v1n2.28.
- [11] Verma, "SolidWorks Simulation 2022 Black Book," CAD/CAM/CAE Work. USA, pp. 1–1648, 2022.
- [12] F. A. O. Fernandes, N. Fuchter Júnior, A. Daleffe, D. Fritzen, and R. J. Alves De Sousa, "Integrating CAD/CAE/CAM in Engineering Curricula: A Project-Based Learning Approach," *Educ. Sci.*, vol. 10, no. 5, p. 125, Apr. 2020, doi: 10.3390/educsci10050125.
- [13] Y. T. J. Wibowo and L. W. Diono, *Computer Aided Design 1 Autodesk Inventor 2016*, 1st ed. LP2M Politeknik Manufaktur Astra, 2018.
- [14] Djuhana, A. D. Yulianto, and Mulyadi, "Plate Mold dengan Software Simulasi (Solidworks 3D)," *J. Tech. Eng. Pist.*, vol. 3, pp. 6–16, 2020.
- [15] M. Krishnappa, S. Nagaraja, N. Munegowda, and M. I. Ammarullah, "Design and Analysis of Injection Molds for Plastic Components for Biomedical Applications," *Eng. Reports*, vol. 7, no. 3, p. e70070, Mar. 2025, doi: 10.1002/eng2.70070.
- [16] M. S. D. Ellianto, M. D. Wibowo, and K. W. Wirakusuma, "Analisa Variasi Ukuran Runner System dan Melt Temperature Terhadap Fill Time, Confidence of Fill dan Quality Prediction," *Otopro*, pp. 51–55, May 2025, doi: 10.26740/otopro.v20n2.p51-55.
- [17] X. Wang et al., "Mechanical Properties of Weld Lines in Injection-Molded Carbon Fiber-Reinforced Nylon (PA-CF) Composites," *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 11, p. 2476, May 2023, doi: 10.3390/polym15112476.