

Optimalisasi Mesin *Injection Molding* Tipe *Screw* dengan Produk Klem Pipa Setengah Inchi untuk Mendapatkan Parameter Produksi

Trio Setiyawan, Dieta Wahyu Asry Ningtias*, Timotius Anggit kritiawan, Fariz Wisda Nugraha, Mulyono, Muhammad Karel Islam

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275
*E-mail: dieta.wahyu@polines.ac.id

Dikirim: 27 Mei 2026; Diterima: 20 Juli 2026; Diterbitkan: 25 Juli 2026

Abstract

Injection molding is one of the methods used in plastic forming processes. This study aims to optimize the screw-type injection molding machine owned by the Mechanical Engineering Laboratory of xyz, which was previously developed by xyz students. However, the machine had several deficiencies, such as barrel leakage, imperfect feeding in the hopper, unstable heating, and only one mold variation, namely a keychain mold. These issues reduced production efficiency. To overcome these problems, the machine was optimized by replacing and redesigning components such as the screw, barrel, nozzle, transmission system, and by adding a new mold variation for a half-inch pipe clamp. The method involved redesigning and testing based on operational parameters, including feeding temperature, injection temperature, injection time, and cooling time. Testing was conducted by setting the feeding temperature to 220°C, injection temperature between 290°C and 310°C, injection time between 11 and 13 seconds, and cooling time of 15 seconds. The material used was polypropylene (PP). The results showed that the optimal parameters were a feeding temperature of 220°C, injection temperature of 310°C, injection time of 12 seconds, and cooling time of 15 seconds. The resulting product exhibited good quality, with complete filling, no flash, and smooth surface finish. This indicates that the optimized screw-type injection molding machine successfully resolved the previous issues.

Keywords: *injection molding; injection tempetarature; optimalization; polypropylene; productivity efficiency.*

1. Pendahuluan

Plastik merupakan bahan yang terbentuk dari produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer sendiri adalah rantai berulang dari atom yang panjang, terbentuk dari pengikat yang berupa molekul identik yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer [1].

Injection molding merupakan tahap pembuatan plastik dimana cara kerjanya seperti pada penggunaan jarum suntik, yaitu lelehan plastik yang telah dilebur pada pemanas selanjutnya disuntikan atau diinjeksikan pada cetakan atau wadah yang tertutup rapat yang terdapat pada mesin. Lelehan tersebut akan memenuhi ruang yang ada pada cetakan berdasarkan bentuk produk yang diinginkan.

Beberapa tahapan pada proses *injection molding* yaitu *clamping*, *injection*, *cooling*, dan *ejection*. *Clamping* adalah bahan plastik sebelum proses injeksi dimasukkan ke dalam cetakan tertutup rapat kemudian dipanaskan sehingga meleleh dan mencair. *Injection* adalah plastik yang sudah cair akan diinjeksikan atau dimasukkan ke dalam cetakan yang tertutup rapat dan lelehan plastik akan memenuhi seluruh ruangan cetakan sesuai bentuk produk yang dikehendaki. *Cooling* adalah proses mendinginkan material plastik hasil proses injeksi. Tahap *ejection* adalah tahap ketika cetakan yang berisi plastik dibuka dan mekanisme yang dipakai pada tahap ini yaitu mendorong/menekan plastik yang telah didinginkan keluar dari cetakan [2].

Pada Tahun 2024, terdapat mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang yang melakukan penelitian untuk Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Mesin Injeksi *Molding* Tipe *Screw* Guna Memproduksi Aksesoris dengan Volume Maksimal 20 cm³”. Namun mesin *injection molding* tipe *screw* tersebut masih memiliki beberapa masalah yaitu saat dilakukan proses injeksi terdapat lelehan plastik keluar dari *barrel* yang disebabkan oleh

barrel yang bocor, *feeding* biji plastik tidak maksimal karena lelehan plastik keluar dari celah antara *hopper* dan *barrel*, pemanasan pada *barrel* terlalu lama untuk mencapai *temperature* kerja, *temperature barrel* tidak stabil karena kualitas *heater* yang kurang baik, sering terjadi penyumbatan pada proses injeksi yang mengakibatkan gagal produk, sistem *ejector* tidak maksimal mengakibatkan proses *ejection* tidak berjalan dengan baik, lelehan plastik keluar dari *cavity mold*, dan kurangnya variasi *mold* sehingga mesin injeksi *molding* ini hanya bisa memproduksi satu jenis produk.

Maka optimalisasi *injection molding* tipe *screw* dan rancang bangun *mold* baru perlu dilakukan untuk meningkatkan performa dari mesin injeksi *molding* yang sudah dibuat. Optimalisasi yang akan dilakukan berupa perbaikan, penggantian, dan peningkatan komponen *barrel*, *screw*, *coupling*, *bearing*, dan *nozzle* pada mesin injeksi *molding*.

2. Material dan Metodologi

2.1 Material

Salah satu jenis plastik adalah polypropylene (PP) memiliki mass jenis seberat 0,85 – 0,92 g/cm³ [3]. Jenis plastik ini memiliki beberapa karakteristik antara lain meleleh jika dipanaskan tetapi bisa kembali seperti semula, tahan bahan kimia, tidak mengalirkan listrik, dan memiliki suhu leleh pada 200- 280°C dimana pada suhu leleh pemrosesan ditemperatur 180 - 240°C diperlukan energi panas laten sebesar 210.000 – 260.000 J/kg [4]-[5]. Tersaji *thermal dan material properties* dari polypropylene pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. *Thermal properties* polypropylene [6]

Properti	Nilai
Titik Lebur (<i>Melting Point</i>)	160 °C –165 °C
Konduktivitas Termal (padat)	0,17–0,22 W/(m·K)
Konduktivitas Termal (leleh)	~0,16 W/(m·K)

Tabel 2. *Material properties* polypropylene [7]

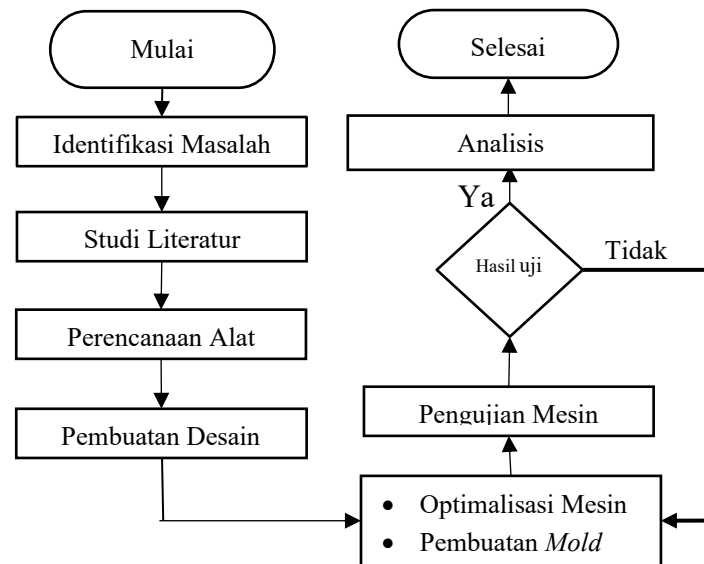
Properti	Nilai
<i>Tensile Strength at Yield</i>	35 MPa (4.800 psi)
<i>Elongation at Yield</i>	12 %
<i>Tensile Modulus</i>	~1 240 MPa (180.000 psi)
<i>Density</i>	~0,905 g/cm ³

Sebelum dilakukan proses *ejection* produk harus berada pada suhu tertentu. Suhu tersebut disebut *ejection temperature*. Pada PP proses *ejection* dilakukan saat produk sudah didinginkan sampai kisaran suhu 80 °C – 100 °C untuk menghindari terjadinya penyimpangan pada produk [8]. Faktor *shrinkage* atau penyusutan dari jenis material plastik polypropylene adalah 1.2 – 2 % [9].

Temperatur *barrel* terbaik untuk menghasilkan produk dengan gaya tarik maksimal untuk material PVC, PP, dan HDPE adalah 270°C, 270°C, dan 210°C [10].

2.2 Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan rekayasa yang disusun secara sistematis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

Tahapan pertama dimulai dengan identifikasi masalah untuk mengetahui permasalahan yang ada pada mesin injeksi *molding* tipe *screw* yang dioptimalisasi. Setelah itu, dilakukan studi literatur yang bertujuan untuk memperoleh landasan teori serta referensi teknis dari berbagai sumber literatur dan penelitian terdahulu. Tahap berikutnya adalah perancangan mesin berdasarkan hasil studi dan identifikasi awal. Pembuatan desain dan pemilihan desain dilakukan dengan memperhatikan efisiensi, kemudahan perakitan, dan biaya produksi. Desain yang telah dibuat kemudian dilanjutkan ke proses pembuatan dan perakitan komponen mesin [11]. Setelah mesin selesai dirakit, dilakukan uji fungsi guna memastikan bahwa mesin dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang direncanakan. Apabila mesin belum berfungsi dengan baik, maka dilakukan revisi pada tahap perancangan hingga diperoleh hasil yang sesuai. Jika pengujian menunjukkan bahwa mesin telah berfungsi secara optimal, maka dilanjutkan ke tahap pengujian. Data yang diperoleh digunakan untuk menganalisis performa dan efisiensi mesin. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data, ditentukan spesifikasi teknis akhir dari mesin *injection molding* tipe *screw*. Penelitian ini dinyatakan selesai setelah mesin memenuhi standar kinerja yang diharapkan.

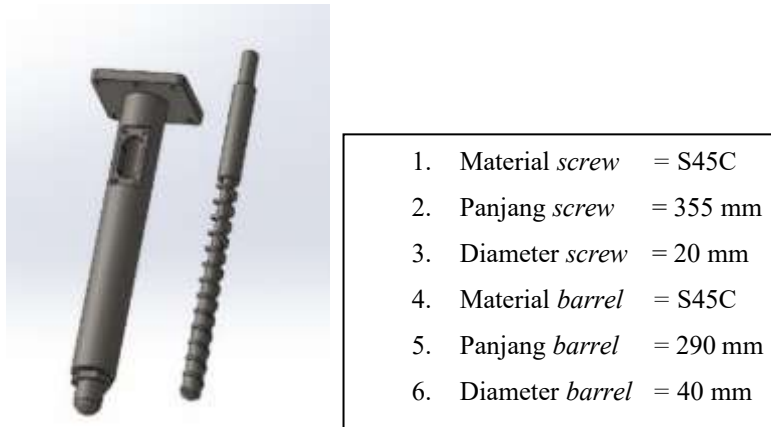
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Alternatif Desain dan Pemilihan Desain

Optimalisasi mesin *injection molding* tipe *screw* dilakukan dengan memodifikasi beberapa alternatif desain *barrel* dan *screw*. *Barrel* merupakan tempat *screw* dan selubung yang menjaga aliran plastik ketika dipanasi oleh *heater*. Pada bagian ini juga terdapat *heater* untuk memanaskan plastik sebelum masuk ke *nozzle*. Pada *barrel* terdapat *feeding port* yaitu lubang masuknya biji plastik ke dalam *barrel*. *Feeding port* harus mampu memastikan proses pemasukan material ke dalam *barrel* berjalan dengan lancar dan efisien. Bentuk dari *feeding port* diantaranya yaitu lingkaran, persegi, dan persegi panjang. Umumnya, bentuk yang sering digunakan adalah persegi panjang dengan panjang *feeding port* 1,5 – 2 kali diameter *screw* [12]. *Barrel borescoping* adalah lubang di dalam *barrel* sebagai tempat *screw* berputar untuk menginjeksikan lelehan plastik. *Clearence* antara *borescoping* dan *screw* adalah 0.05 mm – 0.20 mm untuk seluruh bagian *screw* [13]. Domain mesin akan dilakukan optimalisasi sehingga antar desain *parts* dapat dibandingkan antara kelebihan dan kekurangan masing-masing. Adapun pembuatan *mold* (cetakan) adalah rongga tempat material plastik meleleh dan memperoleh bentuk setelah proses pendinginan [14]. Pada bagian transmisi yang sebelumnya menggunakan *coupling*

flange diganti menjadi sistem *belt* dan *pulley*. *Timing Pulley* bekerja menggunakan *timing belt*. *Pulley* ini adalah katrol khusus yang memiliki gigi di sekitar diameter luar. Sabuk adalah bahan fleksibel yang melingkar tanpa ujung yang digunakan untuk menghubungkan secara mekanis dua poros yang berputar. Sabuk digunakan sebagai penyalur daya yang efisien atau untuk memantau pergerakan relatif [15]. Kemudian setelah alternatif desain tersebut dibandingkan dan dinilai mana yang terbaik, maka dipilihlah salah satu desain untuk direalisasikan.

3.1.1 Desain *Barrel* dan *Screw*

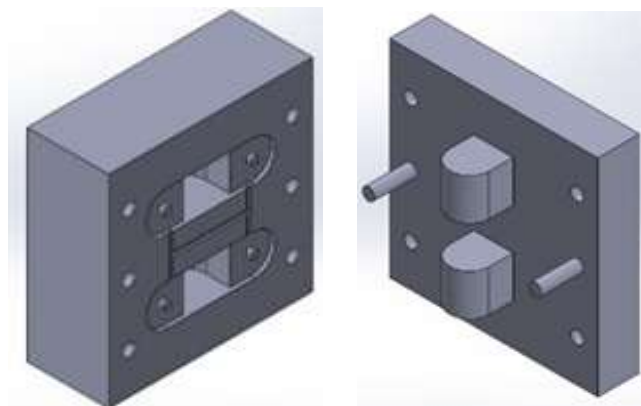


Gambar 2. Desain *Barrel* dan *Screw*

Keunggulan utama pada desain ini yaitu pada biaya pembuatan yang relatif rendah dan dimensi yang sudah disesuaikan dengan rangka mesin yang sudah ada, sehingga tidak diperlukan perubahan pada rangka. Namun, desain ini memiliki kekurangan yaitu ketahanan keausan yang tidak terlalu baik.

3.1.1 Desain *Mold*

Desain *mold* ini memiliki keunggulan yaitu proses produksi lebih efisien karena *mold* ini dapat memproduksi dua produk dalam satu siklus produksi. Namun, memiliki kelemahan proses *machining* yang lama dan harga relatif mahal.



Gambar 3. Desain *Mold*

3.2 Hasil Pengujian

Pengujian mesin dilakukan setelah proses perancangan dan perakitan selesai. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui dan mengidentifikasi parameter proses produksi yang optimal. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian suhu injeksi, waktu injeksi, dan yang terakhir adalah pengujian waktu pendinginan.

3.2.1 Hasil pengujian suhu injeksi dan waktu injeksi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui suhu injeksi dan waktu injeksi yang optimal untuk memproduksi klem pipa ukuran setengah inci dengan material PP. Pada pengujian ini suhu injeksi yang digunakan antara lain 290°C, 300°C, dan 310°C. Adapun waktu injeksi yang digunakan antara lain 11 detik, 12 detik, dan 13 detik. Hasil pengujian suhu injeksi dan waktu injeksi tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian suhu injeksi dan waktu injeksi

Parameter Operasi	Waktu Injeksi [detik]	Karakteristik Produk*			Hasil Produk
		1	2	3	
1. Suhu injeksi = 290°C 2. Suhu <i>feeding</i> = 220°C	11		✓		
	12		✓		
	13		✓		
1. Suhu injeksi = 300°C 2. Suhu <i>feeding</i> = 220°C	11		✓		
	12		✓		
	13		✓		
1. Suhu injeksi = 310°C 2. Suhu <i>feeding</i> = 220°C	11		✓		

Parameter Operasi	Waktu Injeksi [detik]	Karakteristik Produk*			Hasil Produk
		1	2	3	
	12	✓	✓	✓	
	13	✓			

Keterangan*

1. Semua bagian terisi
2. Tidak terjadi *flash*
3. Permukaan tidak bergelombang

Dalam proses pengujian ini, suhu *mold* yang digunakan sekitar 55°C – 60°C, proses pemanasan *mold* menggunakan pemanas eksternal berupa *torch*.

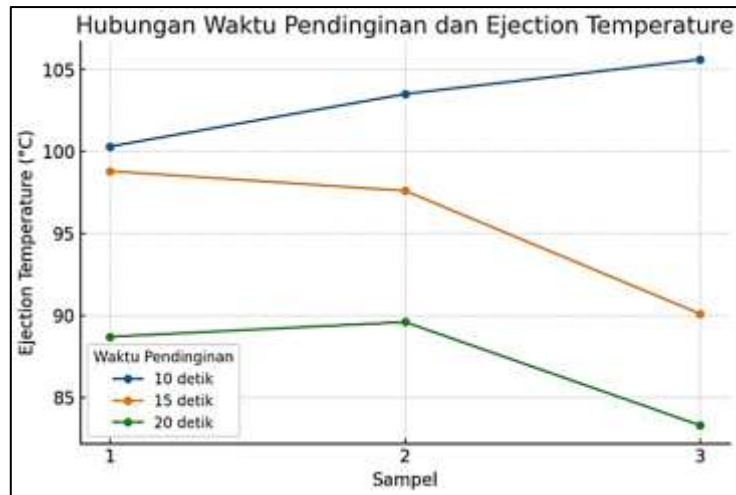
3.2.2 Hasil pengujian waktu pendinginan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu pendinginan yang optimal untuk produk klem pipa ukuran setengah inci dengan material PP untuk dapat mencapai *ejection temperature* antara 80°C - 100°C. Hasil pengujian waktu pendinginan tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian waktu pendinginan

Waktu pendinginan [detik]	Sampel	<i>Ejection temperature</i> (°C)
10	1	100,3
	2	103,5
	3	105,6
Rata - rata	-	103,1
15	1	98,8
	2	97,6
	3	90,1
Rata - rata	-	95,5
20	1	88,7
	2	89,6
	3	83,3
Rata - rata	-	87,2

Dalam proses pengujian ini, menggunakan suhu *feeding* 220°C, suhu injeksi 310°C, dan waktu injeksi 12 detik. Parameter operasi ini diperoleh dari hasil pengujian pada Tabel 3.1. Grafik pengaruh waktu pendinginan terhadap *ejection temperature* tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan waktu pendinginan terhadap *ejection temperature*

3.2.3 Analisis hasil pengujian

Berdasarkan hasil pengujian dengan variabel bebas yaitu waktu injeksi dan suhu injeksi dapat diketahui hasil produk dari mesin injeksi *molding* terbaik pada pengujian suhu injeksi dan waktu injeksi yang ada pada Tabel 3, serta pengujian waktu injeksi pada Tabel 4. Dengan parameter sebagai berikut:

- a. Suhu pemanasan : a) Suhu injeksi = 310°C
b) Suhu *feeding* = 220°C
- b. Lama injeksi : 12 detik
- c. Lama pendinginan : 15 detik

Selain itu, kualitas akhir produk juga dinilai sangat baik. Produk terisi sempurna. Hal ini menandakan bahwa parameter proses seperti suhu pemanasan dan lama injeksi telah diatur dengan optimal. *Ejection temperature* yang tepat untuk material plastik PP adalah tanda bahwa waktu pendinginan yang optimal sehingga produk telah mengeras dengan sempurna sebelum dikeluarkan dari cetakan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa optimalisasi mesin *injection molding* tipe *screw* dengan *mold* produk klem pipa ukuran setengah inci berhasil direalisasikan. Kinerja mesin menunjukkan hasil yang optimal, dengan berhasil memproduksi klem pipa ukuran setengah inci dengan material PP dengan parameter produksi sebagai berikut: Suhu injeksi = 310°C, Suhu *feeding* = 220°C, Lama injeksi 12 detik, Lama pendinginan 15 detik.

Daftar Pustaka

- [1] Pipit Muliyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, T. (2020). Perancangan Alat Pembersih Barrel Mesin Injeksi. *Journal GEEJ*, 7(2).
- [2] Anggun Angkasa Bela Persada, Adhiela Noer Syaif, Zulkifli, 2019. (2021). Perancangan rangkaian sistem pemanas pada plastic injection molding 1,2). 8(2), 157–162.
- [3] Campanale, C., Savino, I., Pojar, I., Massarelli, C., & Uricchio, V. F. (2020). A practical overview of methodologies for sampling and analysis of microplastics in riverine environments. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/SU12176755>

- [4] Habib Maulana Ibrahim, Muhamad Zain Fuadi, Muhammad Khoirurrizqi, Ramadhan Satria Atama (2024). Rancang Bangun Mesin Injeksi Molding Tipe Screw Guna Memproduksi Aksessoris Dengan Volume Maksimal 20 cm³. *Laporan Tugas Akhir D3, Program Studi D3 - Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang, Semarang*
- [5] Vlachopoulos, J., & Strutt, D. (2002). Asic Heat Transfer and Some Applications in Polymer Processing. *Plastics Technician's Toolbox*, 2, 21–33.
- [6] Typical Engineering Properties of Polypropylene,(2014), ,[https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-olefins 67 and-polymers-usa/products/technical-information--patents/ineos engineering-properties-of-pp.pdf?utm_.NEOS](https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-olefins-67-and-polymers-usa/products/technical-information--patents/ineos-engineering-properties-of-pp.pdf?utm_.NEOS) , olefins and polymers USA (diakses pada tanggal 6 Agustus 2025)
- [7] Technical Data Sheet Polypropylene.(2021).https://polymers.totalenergies.com/sites/g/files/wompnd5016/files/site_collection_documents/Technical%20Datasheets/3727WZ-US.pdf?.Total Energies Petrochemical and Refining USA,Inc.Polymers America. (diakses pada tanggal 6 Agustus 2025)
- [8] LyondellBasell. (2015). A Guide to Polyolefin Injection Molding A Guide to Polyolefin Injection Molding. 1–47. www.LYB.com
- [9] Menges, G., Michaeli, W., & Mohren, P. (2001). How To Make Injection Molds Third Edition.
- [10] Osarenmwinda, J., & Olodu, D. (2015). Barrel Temperature Effects on the Mechanical Properties of Injection Moulded Plastic Products. *Nigerian Journal of Technology*, 34(2), 292. <https://doi.org/10.4314/njt.v34i2.12>
- [11] Cross, N. (2000). Strategies for Product Design. In *Design*. <http://www.lavoisier.fr/notice/fr421790.html>
- [12] Chen, M. (2022). Important knowledge of injection molding machine barrel. <https://guanxin-machinery.com/important-knowledge-of-injection-molding-machine-barrel/>
- [13] Dominick V.Rosato, P. . (2000). *Injection Molding Handbook Third Edition*. 3.
- [14] U, Wahyudi. (2015). Pengaruh Injection Time dan Backpressure Terhadap Cacat Penyusutan pada Produk Kemasan Toples Dengan Injection Molding Menggunakan Material Polistyrene. 2, 0–9.
- [15] Sularso, & Kiyokatsu, S. (2008). Dasar dan Perencanaan dan pemilihan Elemen Mesin. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.