

## ANALISIS CETAKAN PLASTIK INJEKSI SPESIMEN UJI TARIK MELALUI SIMULASI PLASTIK INJEKSI MENGGUNAKAN *AUTODESK FUSION 360*

### *ANALYSIS OF INJECTION PLASTIC MOLDING TENSILE TEST SPECIMEN THROUGH INJECTION PLASTIC SIMULATION USING AUTODESK FUSION 360*

Supandi<sup>1)</sup>, Adhes Gamayel<sup>2)</sup>, Kasum<sup>3)</sup>, Sidik Mulyono<sup>4)</sup>, M Zaenudin<sup>5\*)</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Depok, Indonesia

email:[supandi.77@gmail.com](mailto:supandi.77@gmail.com)<sup>1)</sup>, [adhes@jgu.ac.id](mailto:adhes@jgu.ac.id)<sup>2)</sup>, [kasum@jgu.ac.id](mailto:kasum@jgu.ac.id)<sup>3)</sup>, [sidik@jgu.ac.id](mailto:sidik@jgu.ac.id)<sup>4)</sup>, [mzaenudin@jgu.ac.id](mailto:mzaenudin@jgu.ac.id)<sup>5)\*</sup>

#### Abstrak

Plastik injeksi (*injection molding*) merupakan sebuah metode pembentukan produk dari biji plastik menjadi berbagai produk kebutuhan sehari-hari. Dalam hal penunjang kebutuhan sehari-hari, produk hasil cetak plastik injeksi harus memenuhi kriteria, seperti kekuatan, keuletan, kelenturan, kekerasan, dsb. Salah satu cara yang paling mudah adalah dengan melakukan uji tarik. Pada penelitian ini, pembuatan cetakan untuk produk spesimen uji tarik dilakukan melalui beberapa tahapan proses, yaitu perancangan dan simulasi, fabrikasi, dan uji produk. *Software* Autodesk Fusion 360 digunakan dalam proses perancangan untuk mensimulasikan dan memprediksi aliran material saat proses injeksi ke dalam cetakan dengan beberapa variasi parameter berupa waktu, suhu material, dan suhu cetakan. Hasil yang didapatkan yaitu dengan menggunakan material plastik *polypropylene* (PP), kondisi injeksi yang maksimal yaitu menggunakan suhu pelelehan 230°C dan suhu cetakan 50°C dengan waktu injeksi 14.5 detik, di mana diprediksi produk mudah terisi dan kualitas yang dihasilkan mencapai 100% baik. Penelitian ini telah berhasil melakukan perancangan dan memprediksi proses injeksi plastik yang dapat dimanfaatkan dalam proses pencetakan plastik melalui proses injeksi sesungguhnya di industri yang menggunakan material *polypropylene* (PP).

**Kata kunci:** cetak injeksi, analisis cetakan, fusion 360.

#### Abstract

*Plastic injection (injection molding) is a method of forming products from plastic pellets into various daily necessities products. In terms of supporting daily needs, plastic injection molded products must meet criteria, such as strength, ductility, flexibility, hardness, etc. One of the easiest ways is to do a tensile test. In this research, mold with the shape of tensile test specimen products was carried out through several process stages, namely design and simulation, fabrication, and product testing. Autodesk Fusion 360 software is used in the design process to simulate and predict material flow during the injection process into the mold with several parameter variations in the form of time, material temperature and mold temperature. The results obtained were by using polypropylene (PP) plastic material, the maximum injection conditions were by using a melting temperature of 230°C and a mold temperature of 50°C*

Received:  
13 Juni 2024

Accepted:  
22 Maret 2024

Published:  
27 Juni 2024



---

with an injection time of 14.5 seconds, where it was predicted that the product would be easy to fill and the resulting quality would reach 100% good. This research has succeeded in designing and predicting a plastic injection process that can be utilized in the plastic molding process through the actual injection process in industries that use polypropylene material.

**Keywords:** injection molding, mold analysis, fusion 360

---

DOI:10.20527/sjmekinematika.v9i1.278

---

**How to cite:** Supandi S., Gamayel A., Kasum K., Mulyono S., & Zaenudin M., "Analisis Cetakan Plastik Injeksi Spesimen Uji Tarik Melalui Simulasi Plastik Injeksi Menggunakan Autodesk Fusion 360". *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 9(1), 46-54, 2024.

---

## PENDAHULUAN

Estetika dalam produk merupakan aspek krusial dalam keberhasilan suatu produk karena ia menjadi fondasi esensial dalam mempengaruhi kepuasan dan daya tarik konsumen[1]. Pengendalian aliran bahan plastik ke dalam cetakan memiliki dampak signifikan terhadap kualitas permukaan produk, yang pada gilirannya akan mempengaruhi aspek estetika dari produk tersebut. Keberadaan cacat pada produk dapat berpotensi menimbulkan penolakan produk oleh konsumen, bahkan jika cacat tersebut tidak tampak secara kasat mata[2]. Teknik produksi injeksi, seperti yang digunakan dalam proses injeksi plastik, umumnya digunakan untuk mencetak berbagai produk, baik yang digunakan dalam lingkungan interior maupun eksterior. Contohnya meliputi komponen interior dan eksterior dalam industri otomotif, peralatan rumah tangga, dan perangkat seluler, yang semuanya merupakan produk hasil cetakan injeksi plastik. Demi memenuhi standar kualitas permukaan yang tinggi serta mencapai efisiensi dalam pemrosesan polimer, banyak produk diproduksi dengan permukaan yang bersih tanpa perlu *finishing* tambahan seperti pengecatan atau pelapisan, meskipun sering kali faktor cacat turut mempengaruhi berbagai aspek produksi ini[3]. Dalam beberapa kasus penggunaan material alternatif dari bahan limbah menjadi salah satu pilihan, namun memerlukan perangkat seperti mesin pencacah[4].

Sejumlah faktor yang terkait dengan sifat material, desain cetakan, dan pengaturan proses memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas permukaan produk. Saat melalui tahap pencetakan injeksi, lelehan polimer mengalami berbagai deformasi reologi dan sejarah termal karena terkena tekanan tinggi dan perubahan suhu yang cepat[5]. Morfologi yang tidak homogen yang muncul akibat penggunaan aditif seperti serat penguat, aditif mineral, dan agen berbuisa juga berperan dalam mempengaruhi kualitas serta anisotropik pada bagian yang dihasilkan. Penyusutan akibat perubahan panas dan medan aliran dalam cetakan, bersama dengan sifat PVT (tekanan, volume spesifik, suhu) dari material, telah terbukti turut serta dalam menjaga stabilitas dimensi dan kualitas permukaan produk[6]. Selain itu, distribusi tegangan dan pola pengisian yang diakibatkan oleh aliran serta karakteristik viskoelastik bahan polimer turut berperan dalam menentukan cacat permukaan dan kualitas optik bahan[7]. Untuk memprediksi kualitas produk hasil cetakan injeksi, yang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, insinyur modern saat ini lebih sering bergantung pada penggunaan perangkat lunak simulasi komputer untuk memprediksi luaran produk sebelum produk tersebut di fabrikasi[8,9].

Pada penelitian ini produk jadi berupa spesimen uji tarik dirancang sedemikian rupa mengikuti standar ASTM-E8. Detail dimensi spesimen uji tarik untuk standar ASTM-E8 dapat dilihat pada Gambar 2(a). Aliran di dalam cetakan disimulasikan menggunakan piranti lunak *Autodesk Fusion 360* versi akademik. Simulasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap hasil produk setelah melalui proses cetak injeksi. Hasil simulasi dengan piranti lunak, termasuk *Autodesk Fusion 360*, membantu mengidentifikasi area masalah utama sebelum produk tersebut diproduksi yang sangat sulit diprediksi dengan metode

tradisional[10]. Analisis terhadap hasil simulasi sangat penting untuk dijadikan dasar merancang dan membuat *mold* melalui peningkatan-peningkatan dan interpretasi hasil untuk menunjukkan bagaimana perubahan ketebalan dinding, lokasi *gate*, material yang digunakan dan juga terkait dengan geometri produk yang juga mempengaruhi kemampuan manufaktur dan eksperimen dengan skenario “*how-if*” sebelum menyelesaikan desain. Penggunaan perangkat lunak simulasi *injection molding* ke dalam proses desain cetakan untuk menganalisis produk, memperkirakan kemungkinan cacat, dan mengoptimalkan desain untuk mencapai hasil produk yang maksimal dengan waktu siklus minimum dalam setiap siklus produksi. Dari berbagai referensi yang sudah dicantumkan, penelitian ini berfokus pada perancangan cetakan spesimen uji tarik dengan menggunakan simulasi plastik injeksi dengan piranti lunak Autodesk Fusion 360. Hal ini dilakukan untuk menentukan pengaturan parameter yang tepat untuk dijadikan acuan saat proses produksi dan juga mengetahui hubungan pengaruh variasi waktu injeksi terhadap tingkat kualitas pengisian material ke dalam cetakan (*cavity mold*), pengaruh waktu injeksi terhadap berat produk serta pengaruh pada dimensi dan cacat pada produk yang dihasilkan dari variasi waktu injeksi.

### METODE PENELITIAN

Dalam simulasi *flow analysis*[11], beberapa set persamaan digunakan sebagai persamaan yang mendasari simulasi, yaitu persamaan konservasi massa, persamaan momentum, dan persamaan energi. Persamaan 1, 2, dan 3 masing-masing mendefinisikan hal tersebut.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial (\rho \mathbf{u})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{u}) = -\nabla p + \nabla \cdot \tau + \rho g \quad (2)$$

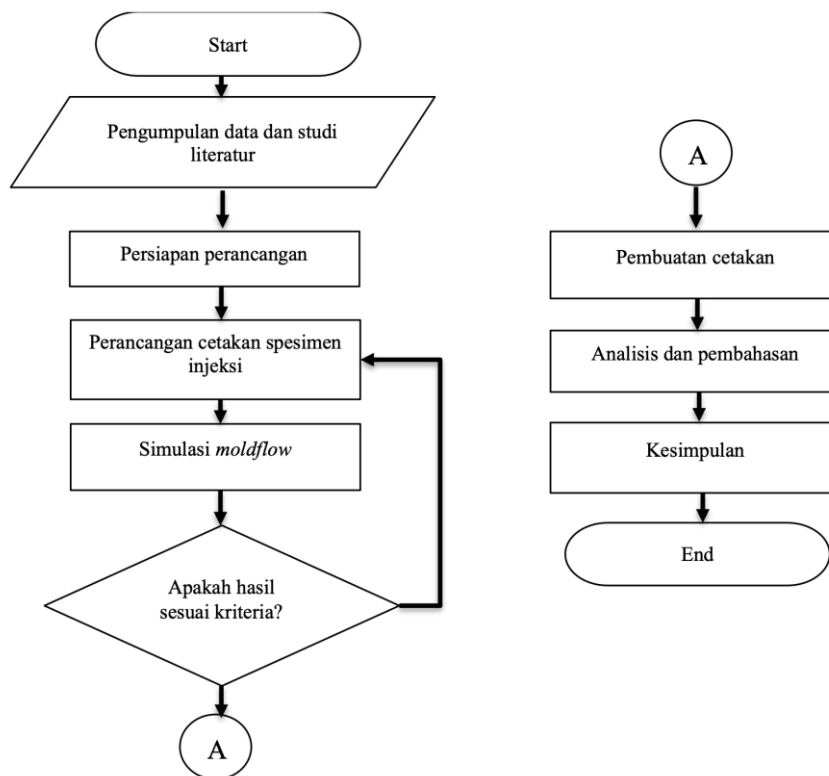
$$\frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho E \mathbf{u}) = \nabla \cdot (\lambda \nabla T) - \nabla \cdot (\mathbf{u} p) + \rho \mathbf{u} \cdot g + \dot{q} \quad (3)$$

Pada Persamaan 1,  $\partial$  merupakan operator untuk persamaan diferensial partial,  $\rho$  adalah kerapatan massa fluida,  $\nabla$  merupakan operator untuk vector pada persamaan diferensial, dan  $\mathbf{v}$  adalah vektor kerapatan fluida. Pada Persamaan 2,  $p$  adalah tekanan,  $\tau$  adalah tensor tegangan viscous, dan  $g$  adalah vektor gravitasi. Sedangkan, pada Persamaan 3,  $E$  yaitu energi total per unit massa,  $\lambda$  adalah konduktivitas termal,  $T$  adalah suhu, dan  $\dot{q}$  adalah laju produksi panas. Persamaan-persamaan tersebut membentuk dasar untuk simulasi aliran dalam konteks injeksi, namun diperlukan parameter dan kondisi *boundary* yang sesuai. Dalam kasus ini, *boundary condition* didefinisikan dengan suatu model cetakan, dengan *wall* berupa batas-batas pada desain model cetakan. Batas suhu dibuat bervariasi sesuai parameter, yang kemudian berpengaruh pada berapa lama proses pencetakan.

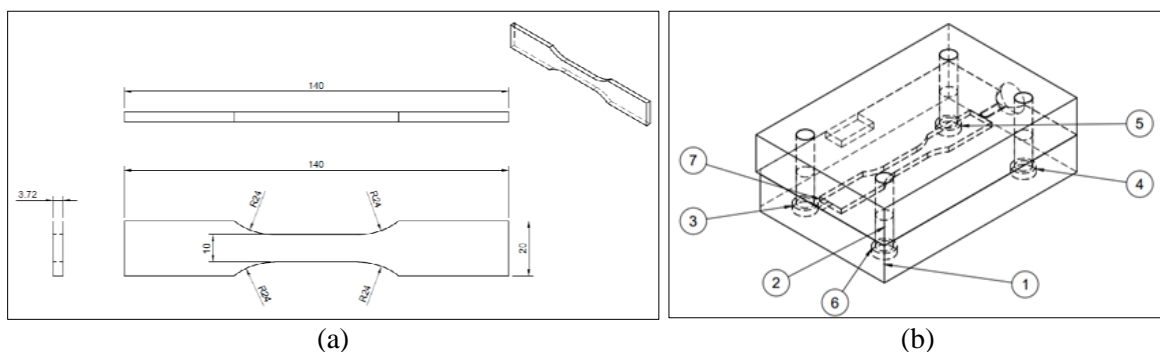
Langkah penelitian yang dilakukan tertera pada diagram alir penelitian pada Gambar 1. Pengumpulan data melalui studi literatur dilakukan sebagai langkah awal penelitian. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana simulasi *moldflow* sudah dilakukan di kalangan akademik untuk proses perancangan cetakan injeksi. Hal-hal seperti parameter pada proses cetak injeksi juga menjadi salah satu data penelitian awal yang dijadikan rujukan pada penelitian ini. Setelah didapatkan data yang sesuai, maka perancangan cetakan dibuat sedemikian rupa mengikuti bentuk spesimen uji tarik standar ASTM-E8[12], dengan memperhatikan penempatan *gate* pada cetakan. Kemudian, simulasi *moldflow* dilakukan sesuai dengan parameter-parameter yang digunakan, yaitu waktu injeksi mulai dari 5-30

detik, dengan penambahan masing-masing selama 5 detik, dan parameter suhu mulai dari 200°C sampai dengan 230°C.

Desain produk berupa spesimen uji tarik dapat dilihat pada Gambar 2, yaitu 2(a) skematis spesimen uji tarik dan (b) bentuk cetakan/*mold* injeksi plastik. Bentuk sebagaimana pada Gambar 2 adalah bentuk yang sudah jadi sehingga siap untuk proses *machining*. Beberapa bagian penting terkait dengan proses cetak injeksi seperti *gate*, *cavity*, dan *guide* sudah tersedia dengan ukuran yang dianggap sesuai. Namun demikian, dari bentuk yang sudah dirancang tersebut masih perlu dilakukan suatu simulasi yang berkaitan dengan *filling time*, *filling confidence*, dan prediksi kualitas produk. Ketiga hal tersebut merupakan hasil diharapkan, sehingga nantinya dapat dijadikan acuan dalam proses cetak injeksi plastik dengan hasil yang maksimal.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.



Gambar 2. Skematis (a) Spesimen dan (b) Bentuk cetaknya.

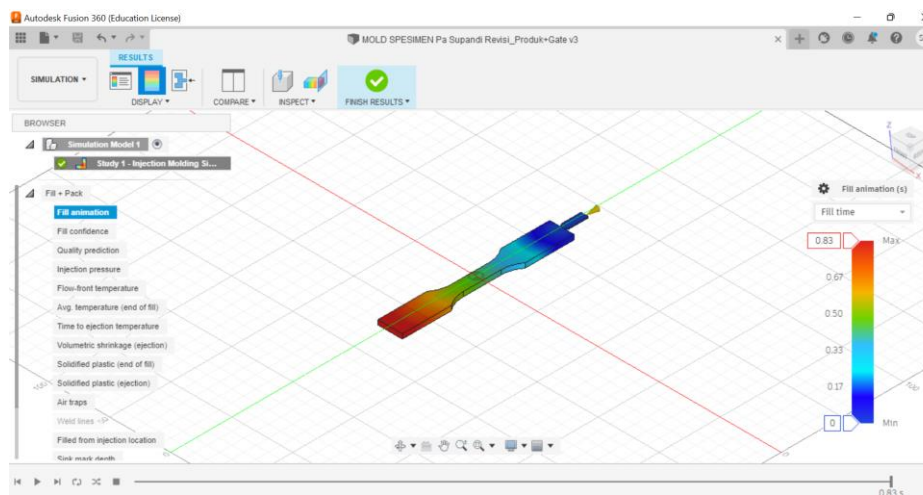
Keterangan:

1. *Cavity base.*
2. *Core base.*
3. *Pin Guide 0.*
4. *Pin Guide 2.*
5. *Pin Guide 3.*
6. *Pin Guide 1.*
7. *Product Specimen.*

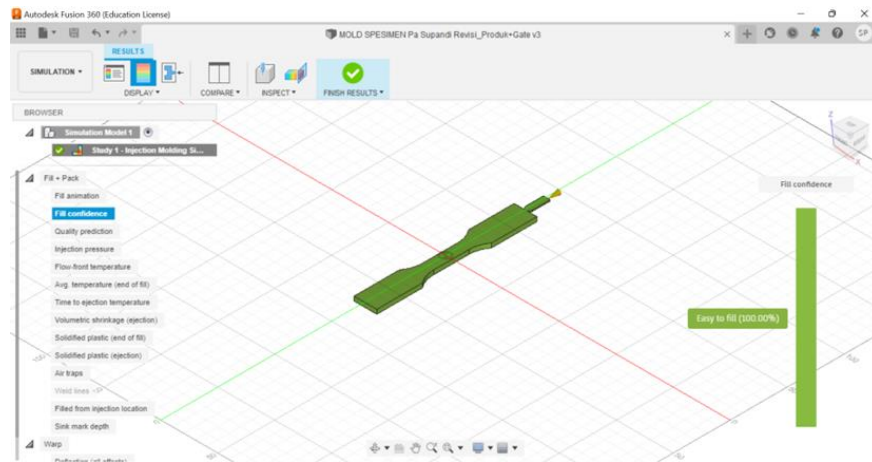
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah bentuk cetakan berhasil dirancang sedemikian rupa, maka proses selanjutnya adalah melakukan simulasi dengan *software* Fusion 360 untuk melihat beberapa parameter yang terkait *filling time*, *filling confidence*, dan kualitas produk. Gambar 3 memperlihatkan hasil simulasi untuk hasil pada parameter yang paling optimal, yaitu proses injeksi molding yang dilakukan pada suhu 220°C. Ukuran lubang *runner gate* yang digunakan yaitu 3 mm × 2.5 mm, yang mana nilai ini sudah cukup optimal. Ukuran *runner gate*, meskipun bukan pada ranah studi ini, mempengaruhi hasil cetakan, sehingga beberapa pertimbangan seperti massa total produk hasil dan panjang jalur aliran harus diperhitungkan untuk memastikan plastik yang diinjeksi sampai pada area ujung cetakan.

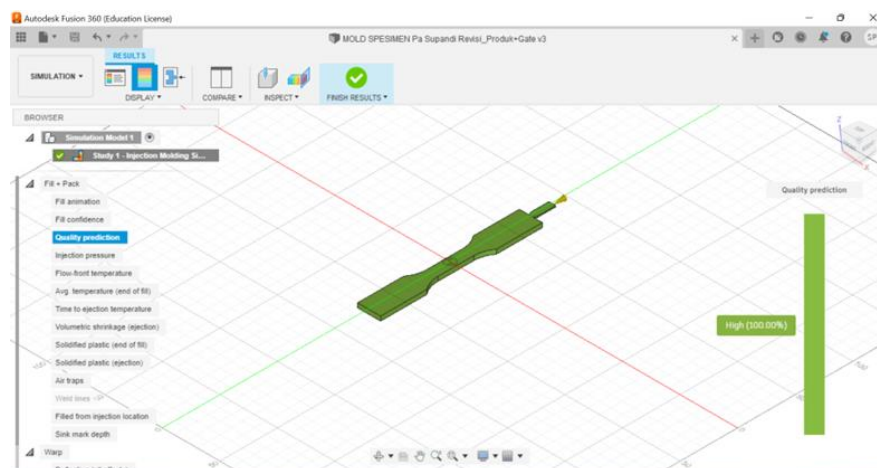
Berdasarkan hasil simulasi, tingkat pengisian material terhadap cetakan dapat dilihat dari warna biru yang menunjukkan waktu terpendek dan warna merah menunjukkan waktu terlama yang akan dilalui oleh aliran material (dalam kasus ini material polimer PP) dan diperoleh nilai *filling time* sebesar 0.83 detik (Gambar 3). Nilai ini dianggap sudah cukup baik, sehingga dapat digambarkan secara kasar bahwa dengan bentuk spesimen dan cetakan seperti pada desain kita dapat memproduksi sebanyak 1 buah dalam waktu 1 detik. Pada Gambar 4 untuk simulasi *filling confidence*, warna hijau pada spesimen menunjukkan bahwa sampel berhasil diproduksi dengan baik dan *filling confidence* mencapai 100%. Hal ini sebetulnya wajar, mengingat bentuk produk yang cenderung sederhana dan tidak ada lekukan-lekukan atau bagian-bagian tertentu yang rumit yang dapat mencegah/mengurangi kualitas produk. Sementara pada simulasi untuk prediksi kualitas produk (Gambar 5) untuk mendapatkan kualitas produk yang baik, waktu yang dibutuhkan untuk proses *filling*, *packing*, dan *cooling* adalah selama 15 detik. Dengan waktu selama tersebut, kualitas produk sudah merupakan nilai maksimal.



Gambar 3. Hasil simulasi *filling time*

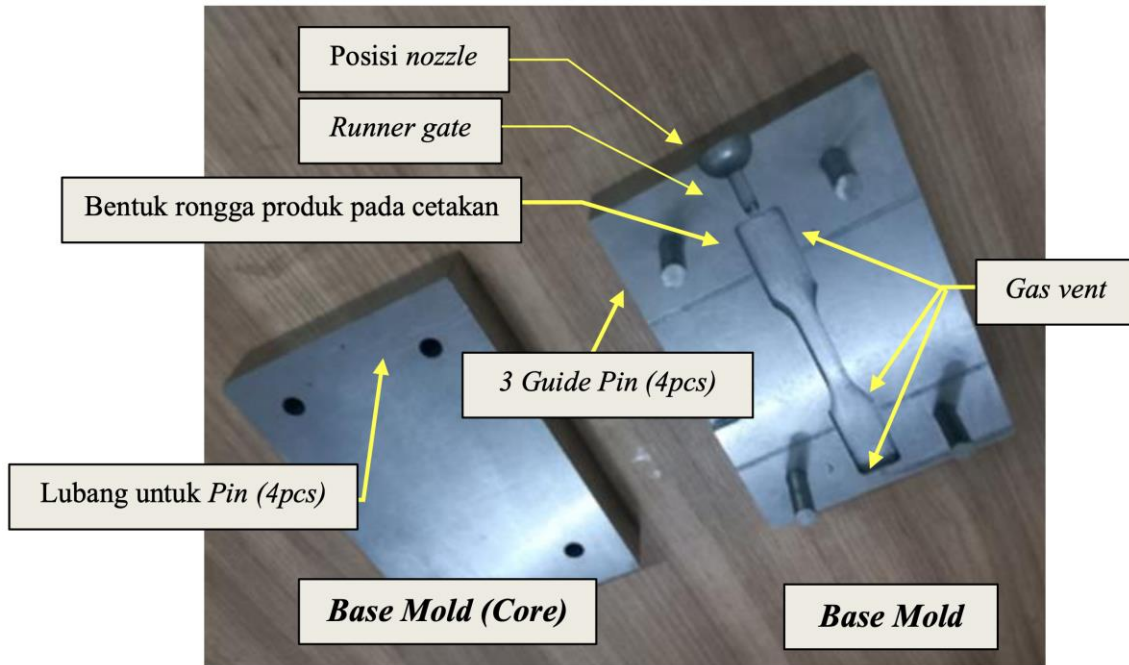


Gambar 4. Hasil simulasi *filling confidence*

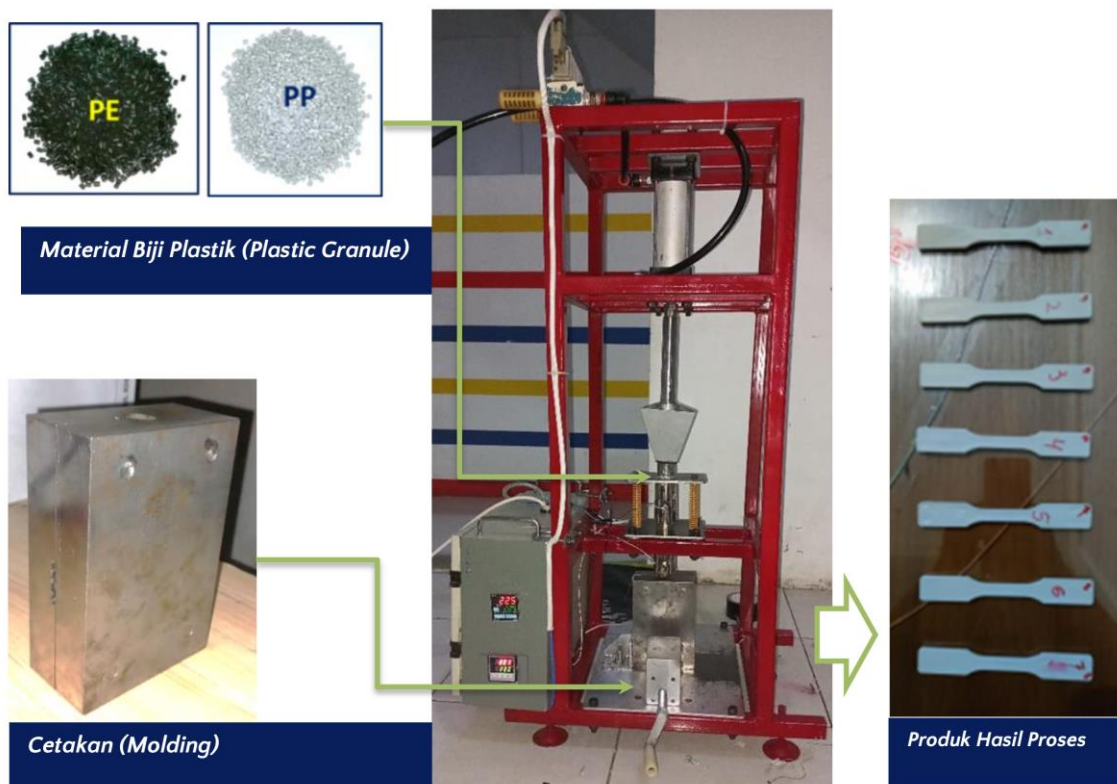


Gambar 5. Hasil simulasi prediksi kualitas produk

Berdasarkan simulasi yang sudah dilakukan, maka kemudian bentuk *mold* dibuat untuk dilakukan konfirmasi hasilnya. Detail bentuk cetakan (*mold*) sebagaimana dimaksud dapat dilihat pada Gambar 6. Secara umum, *mold* terdiri dari *nozzle*, *runner gate*, lubang *pin*, dan *gas vent*. Keseluruhan bagian tersebut merupakan standar yang sudah sering dipakai di dunia industri ketika akan mendesain suatu *mold* untuk keperluan injeksi plastik. Untuk melakukan produksi spesimen uji tarik, maka alat sederhana untuk injeksi plastik dirancang sedemikian rupa sebagaimana terlihat pada Gambar 7, sehingga plastik PP maupun PE yang awalnya berupa bijih plastik dapat diubah menjadi spesimen. Parameter yang digunakan menggunakan parameter pada uji simulasi yang paling optimal, yaitu pada suhu  $220^{\circ}$  dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7, paling kanan. Dapat dilihat bahwa hasil produksi spesimen uji tarik sangat baik, dan dari observasi visual, tidak terlihat kecacatan tertentu, meskipun dalam beberapa kasus perlu dilakukan penyesuaian-penyesuaian yang berkaitan dengan penggunaan alat pencetak plastik dengan metode injeksi. Beberapa penyesuaian tersebut berkaitan dengan pengontrolan suhu dan tekanan, yang mana dalam hal ini dikendalikan dengan menggunakan sistem *programmable logic control* (PLC) [13,14].



Gambar 6. Bentuk cetakan yang sudah diproduksi.



Gambar 7. Contoh proses produksi spesimen uji tarik dengan cetakan menggunakan parameter optimal, yaitu pada suhu 220°, sesuai dengan desain pada simulasi di piranti lunak Fusion 360 dengan menggunakan mesin injeksi plastik sederhana.

### KESIMPULAN

Perancangan bentuk cetakan (*mold*) untuk spesimen uji tarik sudah berhasil dilakukan, dan simulasi untuk mendapatkan parameter terbaik dalam proses pencetakan juga sudah

berhasil didapatkan. Proses manufaktur untuk cetakan dan mesin injeksi plastik sederhana telah berhasil dibuat, dan beberapa spesimen uji coba juga sudah berhasil diproduksi. Penelitian kemudian mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan perangkat lunak *Autodesk Fusion 360* memberikan peranan penting dalam mempercepat proses manufaktur, dari desain hingga produksi, sehingga mengurangi proses *trial-and-error* yang banyak berkaitan dengan proses manufaktur, termasuk pada injeksi plastik;
2. Parameter-parameter untuk produksi plastik dengan teknik injeksi pada mesin injeksi plastik sederhana sudah berhasil didapatkan, dan sesuai dengan parameter yang digunakan pada simulasi dengan perangkat lunak *Autodesk Fusion 360*, yaitu waktu total pencetakan antara 5-30 detik, dan menggunakan suhu antara 200°-230° C. Hasil cetakan terbaik didapatkan pada suhu 220° dengan total waktu pencetakan selama 15 detik.

### REFERENSI

- [1] C. Crolig, Y. Zheng, J. Hoegg, & J. W. Alba, "The influence of product aesthetics on consumer inference making," *Journal of the Association for Consumer Research*, 4(4), 398-408, 2019.
- [2] A Best, & A. R. Andreasen, "Consumer response to unsatisfactory purchases: A survey of perceiving defects, voicing complaints, and obtaining redress," *Law & Soc'y Rev.*, 11, 701, 1976.
- [3] I. Mawardi, H. Hasrin, & H. Hanif, "Analisis Kualitas Produk dengan Pengaturan Parameter Temperatur Injeksi Material Plastik Polypropylene (PP) Pada Proses Injection Molding," *Industrial Engineering Journal*, 4(2), 2015.
- [4] Romansa, A. Gamayel, Y. K. P. Saleh, & M Zaenudin, "Simulasi Beban Rangka Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Software Autodesk Inventor". *Integrated Mechanical Engineering Journal*, 1(1), 30-36, 2023.
- [5] M. Bek, J. Gonzalez-Gutierrez, C. Kukla, K. Pušnik Črešnar, B. Maroh, & L. Slemenik Perše, "Rheological behaviour of highly filled materials for injection moulding and additive manufacturing: Effect of particle material and loading," *Applied Sciences*, 10(22), 7993, 2020.
- [6] H. Mavridis, A. N. Hrymak, & J. Vlachopoulos, "Finite element simulation of fountain flow in injection molding," *Polymer Engineering & Science*, 26(7), 449-454, 1986.
- [7] M. F. Lacrampe & J. Pabiot, "Defects in surface appearance of injection molded thermoplastic parts--a review of some problems in surface gloss distribution," *Journal of Injection Molding Technology*, 4(4), 167, 2000.
- [8] S. Fellahi, A. Meddad, B. Fisa, & B. D. Favis, "Weldlines in injection-molded parts: A review," *Advances in Polymer Technology: Journal of the Polymer Processing Institute*, 14(3), 169-195, 1995.
- [9] M. Rizki, A. Gamayel, & M. Zaenudin, "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, 2024.
- [10] D. Sofyan, A. Gamayel, & M. Zaenudin, "Simulasi Uji Impact Pada Desain Velg Berbahan ASTM A299 dengan Diameter 15inch dengan Standard Uji SAE J175," *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 8(1), 85-93, 2023.
- [11] M. Vishnuvarthanan, R. Panda, & S. Ilangoan, "Optimization of injection molding cycle time using moldflow analysis," *Middle-East Journal of Scientific Research*, 13(7), 944-946, 2013.
- [12] J. H. Westbrook, "Standards and Metadata," *Requirements for Computerization of Selected Mechanical Properties of Metallic Materials*, NBS Special Publication, 702,



1985.

- [13] K. Hamzah, A. Gamayel, M. Zaenudin, Y. K. P. Saleh, & N. C. Hidayat, “Perancangan Sistem Pneumatik PLC Trainer Berbasis Pemograman Software Festo Fluidsim 3.6,” *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 8(2), 140-148, 2023.
- [14] M. Zaenudin, Y. K. P. Saleh, A. Sunardi, D. Nugraha, S. Faizah, A. Gamayel, K. Hamzah, & A. N. Haryudiniarti, “Pengembangan Alat Peraga Pneumatik Otomatis Berbasis PLC dan Pendampingan Penggunaannya Pada SMK Bina Industri Bekasi,” *Jurnal Abdi Insani*, 11(1), 280-287, 2024.