

Analisis Perbandingan Simulasi Injeksi Plastik Terhadap Hasil Produk Dalam Software Autodesk Moldflow Pada Produk Air Filter

Zacky Fahd Mustafa^{1*}, Oleh², Iwan Nugraha Gusniar³

Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur,
Karawang, Jawa Barat 41361

*Penulis korespondensi: zackyfahd513@gmail.com

Histori artikel: diserahkan 14 Juni 2024, direviu 21 Agustus 2024, direvisi 8 Oktober 2024

ABSTRACT

This study aims to analyze the comparison between injection molding simulations in Autodesk Moldflow software and the products produced. Simulations are carried out to estimate the presence of production defects in objects, without having to produce the object first. In the simulation, the occurrence of production defects is estimated according to the parameters that have been entered. These production defects include short shots, flash, flowmarks, weld lines, and bubbles. In the production results, defects were found that had been predicted by previous simulations. The simulation results can be considered to be able to predict production defects that will occur in the production process.

Keywords: Injection Molding, Production Defects, Mold, Moldflow, Simulation

DOI : <https://doi.org/10.18196/jqt.v6i1.22718>

WEB : <https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/22718>

PENDAHULUAN

Mesin injeksi plastik dapat mencetak beberapa bentuk dari biji plastik dan bahan dasar lainnya. Injeksi plastik adalah metode produksi produk plastik (Kurniawan *et al.*, 2020). Proses ini sangat kompleks dan melibatkan banyak proses mekanik dan termal, dan setiap proses memiliki dampak yang signifikan pada produk yang diinjeksi (Ridono, *et al.*, 2024). Kesalahan atau kegagalan produk disebabkan oleh proses yang tidak sempurna. Misalnya, cacat air-trap, warpage, tanda cuci, retak (*residual stress*), dan kerusakan saat produk meninggalkan cetakan *Software* simulasi pada masa ini digunakan secara luas untuk merancang produk sehingga produk akhir dapat dibuat sedekat mungkin dengan spesifikasi desain yang diinginkan tanpa mengharuskan melalui proses produksi terlebih dahulu.

Moldflow adalah sebuah *software* simulasi yang dimiliki oleh Autodesk untuk menyimulasikan cetakan injeksi plastik (Aziz, 2021). Autodesk *Moldflow* dapat memberikan gambaran simulasi cetakan injeksi plastik untuk meningkatkan kualitas komponen yang diproduksi. Autodesk *Moldflow* terbagi menjadi 2, yaitu *Moldflow Adviser* yang menyediakan petunjuk manufaktur dan *feedback* untuk bagian *mold* standar dan *design*. Kemudian terdapat *Moldflow Insight* yang menyediakan hasil

dari aliran, pendinginan dan bending untuk proses *molding* khusus.

Molding adalah proses pembentukan material cair atau lentur menggunakan cetakan (*mold*) yang mengeras mengikuti bentuk cetakan, dengan mold dibuat berdasarkan model produk akhir (Mawardi, 2019). Salah satu metode molding adalah injection molding, di mana material cair seperti logam, kaca, elastomer, atau plastik disuntikkan ke dalam mold dan didinginkan hingga mengeras, menghasilkan produk dengan keunggulan seperti kapasitas produksi tinggi, limbah rendah, dan penggunaan tenaga kerja minimal (Gusniar, 2018; Prabandono *et al.*, 2024). Mold yang digunakan terbagi menjadi tiga jenis: 2-plate mold (satu parting line), 3-plate mold (dua parting line dengan cavity, core, dan runner), serta runnerless mold (hanya menghasilkan produk tanpa runner). Plastik yang digunakan pada metode ini meliputi thermoplastic (dapat dilebur ulang) dan thermosetting plastic (mengeras permanen setelah dipanaskan) (Mawardi, 2019).

Proses injection molding melibatkan tekanan injeksi tahap pertama untuk pengisian material ke cavity dan tekanan tahap kedua untuk mencegah cacat seperti sink mark, serta memerlukan ventilasi yang baik untuk menghindari cacat seperti bubbles atau warpage (Anjasmoro dan Hidayat, 2023). Untuk meminimalkan cacat seperti flash, short shot, dan weld line, parameter injeksi seperti kecepatan dan

tekanan harus diatur dengan tepat (Widiastuti et al., 2019). Proses ini dapat disimulasikan menggunakan Autodesk Moldflow, perangkat lunak yang memberikan analisis aliran, pendinginan, dan bending produk. Salah satu penerapan produk injection molding adalah pada air filter, alat yang menyaring udara dari partikel debu atau bakteri, umumnya digunakan di kendaraan untuk melindungi mesin dari partikel abrasif (Alexander, 2020).

Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis perbandingan hasil simulasi injeksi plastik menggunakan Autodesk Moldflow terhadap kualitas produk air filter. Perlu untuk mengidentifikasi parameter optimal dalam mengurangi cacat seperti air-trap dan warpage, mengevaluasi efektivitas Moldflow dalam memprediksi kualitas produk, serta memastikan kesesuaian antara hasil simulasi dan proses produksi nyata guna meningkatkan efisiensi dan akurasi manufaktur.

METODE

Air filter diproduksi dengan menggunakan *mold*, dan *mold* diproduksi dengan menggunakan proses permesinan. Pertama, analisis desain produk kemudian gambar teknik dari *mold* dibuat dengan menggunakan software gambar 2D dan 3D seperti *Autocad* dan *Solidworks*, kemudian dilakukan proses permesinan berdasarkan gambar desain yang telah ditentukan. Proses permesinan tersebut diantaranya adalah *CNC Milling* dan *Lathe*, *EDM Wire Cut* dan *EDM Dies-sink*. Umumnya proses *CNC* digunakan untuk membuat *mold base*, sementara proses *EDM* digunakan untuk membuat *block* dan *ribs*. Kemudian setelah semua komponen *mold* selesai dimanufaktur, parts akan di *assembly* menjadi *mold* utuh yang digunakan untuk proses injeksi plastik pada produk *air filter*. Setelah proses *assembly*, *mold* siap untuk menjalani proses *trial*.

Proses *trial* dilakukan dengan menguji coba *mold* yang telah di-*assembly*. Yaitu dengan cara menggunakan *mold* tersebut untuk proses injeksi plastik pada produk. Hasil injeksi tersebut akan di cek kualitasnya untuk mengetahui apakah *mold* yang telah dibuat sudah cukup layak untuk digunakan pada proses produksi. Proses *trial* ini bertujuan untuk menghindari cacat produksi berlanjut dan mengetahui letak kesalahan produksi jika produk mengalami cacat.

Sebelum proses *designing* dimulai, desain akan disimulasikan aliran plastiknya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kendala-kendala yang akan dialami dalam proses injeksi dan mengetahui tingkat kesempurnaan produk, termasuk cacat yang terdapat dalam benda kerja. Ini dilakukan hingga mendapat hasil simulasi yang paling mendekati sempurna. Setelah itu *mold* akan di desain menyesuaikan dengan hasil simulasi yang paling baik.

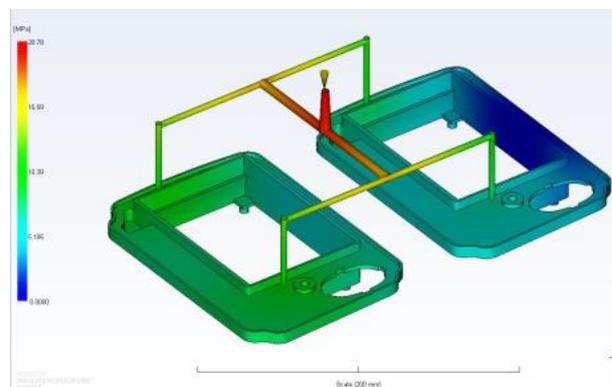
Proses analisis dalam *Autodesk Moldflow*, diantaranya: menentukan lokasi injeksi pada produk; menentukan material yang akan digunakan dalam analisis; *analysis wizard*, untuk menentukan mengatur *analysis sequences*; penentuan *analysis sequence*; Menentukan pengaturan *setting process*. Pada analisis simulasi *Moldflow* hasil yang terbaik pada produk telah tercapai, selanjutnya adalah melakukan perbandingan antara hasil analisis simulasi dengan hasil *trial*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan hasil Simulasi dengan hasil Trial

1) Injection Pressure

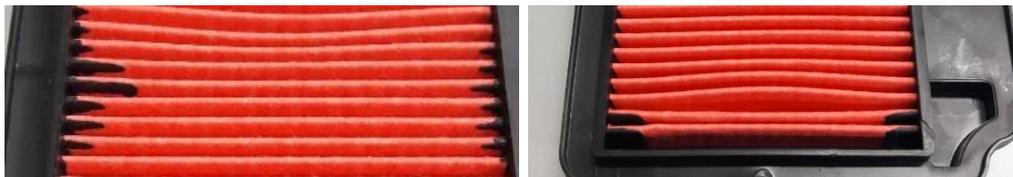
Dari hasil analisa simulasi moldflow menunjukkan kemungkinan *Injection Pressure* dengan hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Terlihat perbedaan warna dari biru hingga merah, di mana warna biru merupakan tekanan injeksi terendah dan warna merah merupakan tekanan injeksi tertinggi, dinyatakan dalam satuan MPa. Tekanan injeksi tersebut akan mengakibatkan cacat seperti *sink mark*, *short shot*, bahkan *flash*. Sementara pada produk *trial* hasil yang didapat seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



GAMBAR 1. Simulasi *Injection Pressure*



GAMBAR 2. *Short shot* pada hasil *trial*



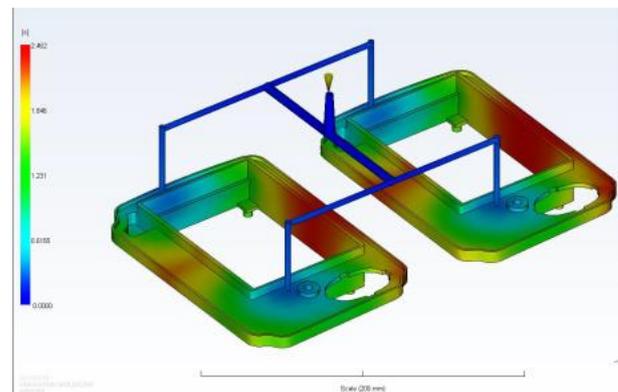
GAMBAR 3. *Flash* pada hasil *trial*

Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil produk *trial* mengalami cacat *short shot*. Berdasarkan teori, hal ini disebabkan oleh tekanan injeksi yang rendah, seperti yang ditampilkan pada simulasi bahwa terdapat produk yang memiliki tekanan injeksi rendah di bagian samping, yaitu sekitar 0-5,195 MPa sehingga pada bagian samping produk hasil *trial* mengalami *short shot*. Hal menunjukkan bahwa hasil produk sesuai dengan hasil analisa. Gambar 3 menunjukkan hasil produk *trial* memiliki cacat yaitu *flash*, sesuai yang terdapat dalam lingkaran. Berdasarkan teori, penyebab *flash* adalah *injection pressure* terlalu tinggi sehingga plastik cair masuk ke celah, hal ini sesuai dengan hasil simulasi *Moldflow* di mana tekanan di pinggir rongga cenderung tinggi, yaitu sekitar 5,195-10,38 MPa sehingga plastik cair masuk ke dalam celah dari pinggir yang seharusnya hanya terisi penuh oleh kertas filter.

2) *Fill Time*

Hasil analisa simulasi *Moldflow* menunjukkan kemungkinan *fill time* dengan hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan hasil analisa *fill time* dengan range warna dari warna biru hingga merah, di mana semakin biru maka *fill time* akan semakin cepat dan semakin merah maka *fill time* akan semakin lambat. *Fill time* dinyatakan dalam satuan detik (s). Hasil *fill time* akan dipengaruhi *injection speed* sehingga semakin lambat *injection speed* maka semakin lambat *fill time*. Sementara pada produk *trial* hasil yang didapat sesuai ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil produk *trial* memiliki cacat berupa *short shot*.

Cacat tersebut disebabkan oleh *injection speed* yang kurang, yang mana mempengaruhi *fill time*, dalam hal ini *fill time* yang terjadi relatif lebih lama yaitu pada kisaran 1,84-2,46 detik. Sehingga sebelum cairan plastik mengalir sampai ujung aliran dalam *mold*, plastik sudah mengeras. Hal ini sesuai dengan hasil simulasi dimana bagian pinggir *air filter* mengalami *fill time* lebih lama sehingga bagian pinggir hasil *trial* mengalami *short shot*.



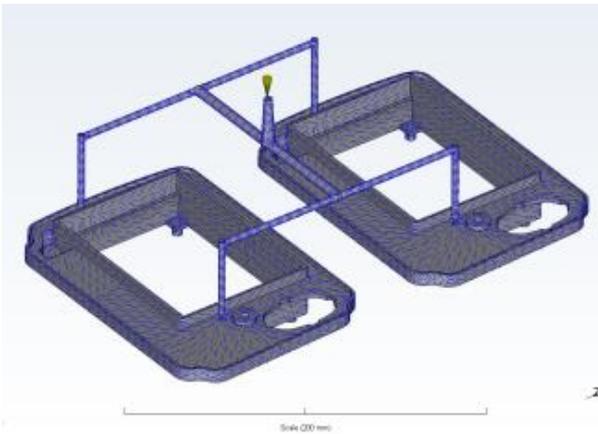
GAMBAR 4. Hasil simulasi *fill time*



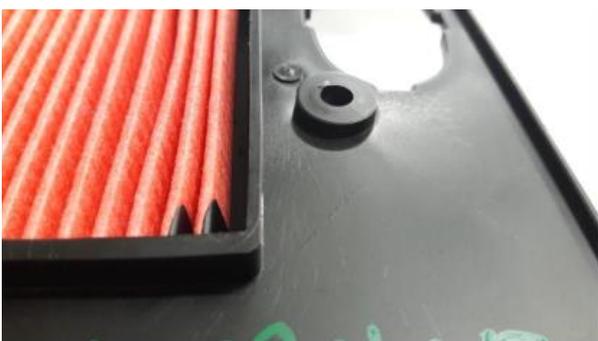
GAMBAR 5. *Short shot* pada hasil *trial*

3) Orientation at Skin

Hasil simulasi menunjukkan kemungkinan orientation at skin dengan hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil simulasi menunjukkan orientation at skin pada produk hasil trial. Orientation at skin dapat dilihat berdasarkan arah garis kecil berwarna biru pada gambar, dan dapat digunakan untuk mendeteksi apakah benda kerja hasil trial akan memiliki flowmark atau tidak. Sementara pada produk trial hasil yang didapat seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil produk memiliki garis tipis lurus menyebar dari arah gate. Hal ini disebut flowmark, dan disebabkan oleh kecepatan pendinginan yang terlalu cepat sehingga menyebabkan munculnya garis yang mengarah menyebar. Pada hasil produk trial sesuai dengan hasil simulasi dimana terdapat flowmark ke arah luar gate.



GAMBAR 6. Hasil simulasi orientation at skin

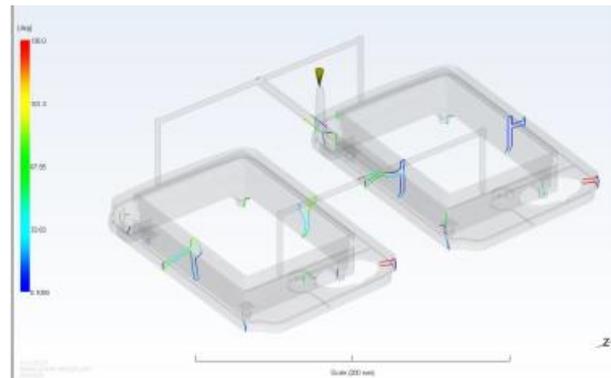


GAMBAR 7. Flowmark pada hasil trial

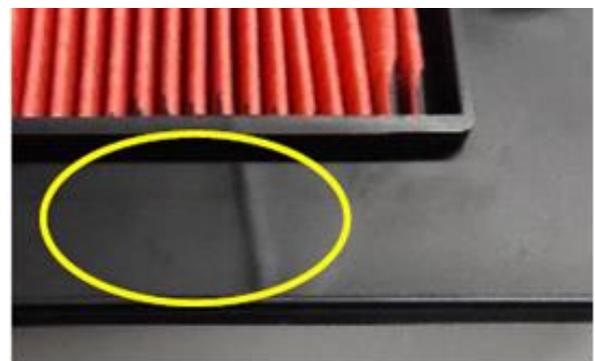
4) Weld Line

Hasil analisa simulasi Moldflow menunjukkan kemungkinan weld line dengan hasil seperti ditunjukkan pada gambar 8. Hasil simulasi menunjukkan terdapat beberapa titik yang akan terjadi weld line. Terdapat juga range warna dari biru hingga warna merah. Semakin merah maka

semakin besar temperatur weld line tersebut. Sementara pada produk trial, hasil yang didapat adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Terdapat beberapa garis yang tampak membagi benda kerja menjadi beberapa bagian. Garis tersebut disebut dengan weld line. Weld line pada produk hasil trial ini terdapat di beberapa bagian dengan lokasi seperti pada gambar diatas, yaitu samping kiri kanan air filter dan di ujung air filter dekat bagian lubang. Hal ini sesuai dengan prediksi simulasi analisa produk dimana cacat weld line akan timbul di beberapa tempat diantaranya bagian samping dan ujung produk tersebut.



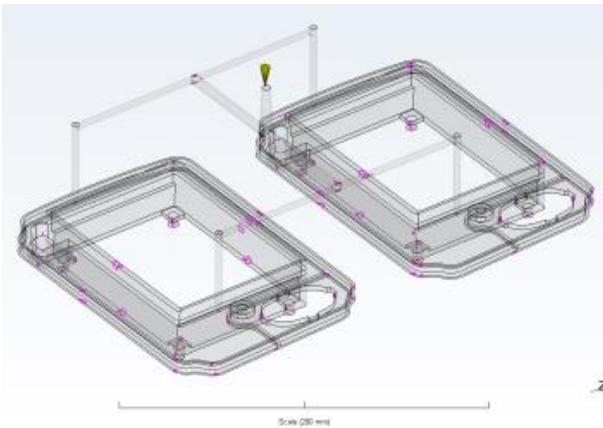
GAMBAR 8. Hasil simulasi weld line



GAMBAR 9. Weld line pada hasil trial

5) Air Traps

Hasil analisa simulasi *Moldflow* menunjukkan kemungkinan *air traps* dengan hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Hasil simulasi *air traps* memprediksi beberapa tempat kemungkinan terjadinya *air traps*. Sementara pada produk hasil *trial* yang didapat adalah hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 11. Hasil produk *trial* memiliki cacat berupa *bubbles*. Berdasarkan teori, *bubbles* disebabkan oleh gas gelembung udara yang masih terperangkap dalam silinder saat proses injeksi material kedalam *cavity* (Azhari and Pribadi, 2020). Hal ini sesuai dengan hasil simulasi *Moldflow* di mana terdapat *air traps* terdapat di sisi samping luar produk hasil *trial*, sehingga menyebabkan *bubbles* pada sisi tersebut.



GAMBAR 10. Hasil simulasi *air traps*



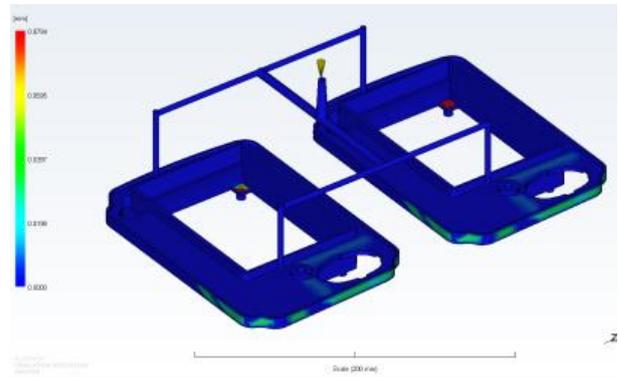
GAMBAR 11. *Bubbles* pada hasil *trial*

6) Sink Mark

Hasil analisa simulasi *Moldflow* menunjukkan kemungkinan *sink mark* dengan hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 12. *Sink mark* dinyatakan dalam satuan milimeter (mm) dan ditampilkan dalam *range* warna dari biru hingga merah, di mana semakin merah maka kemungkinan *sink mark* akan semakin dalam. Seperti pada gambar diatas terdapat beberapa tempat kemungkinan terjadi *sink mark*. Sementara pada produk hasil *trial* yang didapat seperti ditunjukkan pada Gambar 13. Pada gambar di atas tidak ditemukan adanya *sink mark* pada

benda kerja sesuai dengan posisi yang telah di prediksi oleh *Moldflow* sebelumnya. Hal ini disebabkan karena kemungkinan *sink mark* terjadi relatif kecil dengan kedalaman yang lebih kecil sehingga *sink mark* tidak terjadi.

Setelah proses analisa dari hasil *trial* selesai, kemudian hasil tersebut ditindaklanjuti untuk mengetahui proses yang perlu di koreksi. Jika kesalahan terdapat pada proses perancangan maka rancang bangun akan dikoreksi ulang. Jika kesalahan terdapat pada proses permesinan *molding*, maka *mold* akan dikembalikan untuk proses permesinan ulang.



GAMBAR 12. Hasil simulasi *sink mark*



GAMBAR 13. *Sink mark* pada hasil *trial*

KESIMPULAN

Autodesk Moldflow merupakan *software* simulasi yang dapat mendeteksi hasil injeksi plastik pada sebuah benda. Terdapat beberapa proses untuk menjalankan simulasi diantaranya penentuan *gate*, penentuan material, pengaturan dan analisa, dan *setting process*. Proses menggambar teknik dan desain dilakukan setelah proses analisis agar *mold* terbaik dapat disusun berdasarkan hasil simulasi terbaik. Hasil *trial* dapat dilihat berdasarkan kemungkinan cacat yang ada, dan dapat dicari penyebabnya agar dapat dilakukan perbaikan baik pada proses permesinan, *assembly* ataupun pada proses desain.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, B. (2020). Effect of Air Filter Type on the Performance of the 110 Cc Injection Motorcycle. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 5(2), 138-149.
- Anjasmoro, M., & Hidayat, T. (2023). Analisis Proses Produksi Food Packaging Dan Produk Cacat Pada Proses Produksi. *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Dan Pengabdian Universitas Buana Perjuangan Karawang*, 3(1), 227-239.
- Azhari, M.C. and Pribadi, E.R. (2020). Analisis Faktor Penyebab Kegagalan Produk Box Mapela Hasil Mesin Injeksi Plastik. *Jurnal Online Sekolah Tinggi Teknologi Mandala*, 15(1), 27–39.
- Aziz, A. (2021). *Optimasi Helm Industri Ergonomik Beserta Perancangan Dan Simulasi Molding Injeksi*. Universitas Islam Indonesia.
- Gusniar, I.N. (2018). Metode Pembuatan Paving Block Segi Enam Berbahan Sampah Plastik Dengan Mesin Injection Molding. *Barometer*, 3(2), 130–133.
- Kurniawan, A., Wiratama, A. S., Adam, F. A., Prayoga, H. B., & Prakosa, T. H. (2020). Mengubah Panas Buang Heater Mesin Injeksi Menjadi Energi Listrik dengan Peralatan Berbasis Termoelektrik. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 2(1), 8-14.
- Mawardi, I. (2019). *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit: Edisi Revisi*. Penerbit Andi.
- Prabandono, B., Wibawa, A. S., Yusuf, M., Kurniawan, A., & Nugraha, A. (2024). Analisis Konsistensi Volume Output Pada Nozzle Barrel Mesin Mini Injeksi V-Line Menggunakan Material Plastik Polypropylene ExxonMobil AP03B. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 5(2), 68-73.
- Ridono, T. W., Gamayel, A., & Zaenudin, M. (2024). Simulasi dan Analisis Desain Mold Dengan Software Autodesk Fusion 360 Untuk Produk Aksesoris. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 25(1), 11-20.
- Widiastuti, H., Surbakti, S. E., Restu, F., Albana, M. H., & Saputra, I. (2019). Identifikasi cacat produk dan kerusakan mold pada proses plastic injection molding. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (Jatra)*, 1(2), 76-80.