

ANALYSIS OF THE EFFECT OF MOLD TEMPERATURE AND MELT TEMPERATURE ON FILL TIME AND QUALITY PREDICTION OF PLASTIC PRODUCTS IN INJECTION MOLDING PROCESS USING AUTODESK MOLDFLOW ADVISOR SOFTWARE

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR MOLD DAN TEMPERATUR MELT TERHADAP FILL TIME DAN QUALITY PREDICTION PRODUK PLASTIK DALAM PROSES INJECTION MOLDING MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK MOLDFLOW ADVISER

Midarto Dwi Wibowo^{1, *}, dan Kusumawati Wahyuningsih²

¹Department of Plastic and Rubber Processing Technology, Politeknik ATK Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

²SMK SMTI Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding Author : midarto@atk.ac.id

Abstract:

This study aims to determine the effect of mold temperature and melt temperature on fill time and quality prediction of tablespoon products. This product is made of plastic with Polystyrene (PS) product material and is produced by the injection molding method. This research was conducted using Autodesk Moldflow Advisor software. From the results of this study, it is known that the best parameter setting among the twelve data obtained is at a mold temperature of 55°C and melt temperature of 220°C with a fill time of 0.2169 s and a high quality prediction of 13.80%, a medium value of 86, 20%, and a low value of 0.00%, because the quality of the resulting product is better and the production time is smaller. So that it can make the production process more effective and efficient

Keywords: injection molding, polymer, mold temperature, melt temperature, fill time, quality prediction

Intisari:

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur *mold* dan temperatur *melt* terhadap *fill time* serta *quality prediction* produk sendok makan. Produk ini terbuat dari plastik dengan material produk *Polystyrene* (PS) dan diproduksi dengan metode *injection molding*. Penelitian ini dilakukan menggunakan *software Autodesk Moldflow Adviser*. Dari hasil penelitian ini, diketahui bahwa parameter *setting* yang terbaik diantara dua belas data yang diperoleh adalah pada temperatur *mold* 55°C dan temperatur *melt* 220°C dengan *fill time* 0,2169 s serta *quality prediction* bernilai *high* 13,80%, bernilai *medium* 86,20%, dan bernilai *low* 0,00%, karena

kualitas produk yang dihasilkan lebih baik dan waktu produksi yang lebih kecil. Sehingga dapat membuat proses produksi lebih efektif dan efisien.

Kata kunci: *injection molding*, polimer, temperatur *mold*, temperatur *melt*, *fill time*, *quality prediction*

Pendahuluan

Produk berbahan baku plastik menjadi bagian penting dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Salah satu contoh produk berbahan baku plastik adalah peralatan makan berupa sendok makan. Kebutuhan sendok makan berbahan baku plastik semakin meningkat seiring dengan banyaknya kegiatan yang membutuhkan sendok makan untuk kelancaran kegiatan tersebut. Sebagai contoh apabila kita mengadakan acara dalam skala besar dan menyediakan konsumsi berupa nasi kemasan beserta lauknya maka diperlukan sendok makan plastik dalam jumlah besar pula, penjual produk makanan *take-away* yang memerlukan sendok plastik, serta untuk mencukupi kebutuhan rumah tangga. Produk sendok makan berbahan plastik dipilih sebagai solusi karena praktis, ringan dan hemat biaya [1].

Plastik adalah kumpulan zat organik yang stabil pada suhu biasa, tetapi pada beberapa tahap pembuatannya plastis sehingga dapat diubah bentuk dengan menggunakan kalor dan tekanan [2].

Produk plastik dibuat menggunakan perpaduan bahan polimer dan zat aditif. Polimer adalah zat yang tersusun dari makromolekul. Makromolekul adalah molekul yang sangat besar dengan berat molekul berkisar dari beberapa ribu hingga jutaan gram/mol [3].

Proses produksi sendok makan berbahan plastik dilakukan dengan metode injeksi *molding*. Injeksi *molding* adalah suatu teknologi pemrosesan plastik yang dapat menghasilkan produk dalam ukuran >1 gram hingga 150 kg. Dalam proses ini, plastik didorong dan diinjeksikan ke dalam cetakan (*mold*), kemudian didinginkan hingga produk mengeras [4]. Keunggulan menggunakan metode ini dapat melakukan produksi dengan skala besar, lebih ekonomis, dapat membuat produk dengan bentuk geometri yang rumit dengan presisi dan [6].

Penelitian yang dilakukan kali ini oleh penulis yaitu penelitian pra-produksi pada proses pembuatan *mold* sendok makan plastik. *Software* simulasi digunakan untuk menganalisis terhadap produk, dengan tujuan membantu proses desain *mold* agar mendapatkan produk yang berkualitas. Hasil analisis berupa potensi masalah yang dapat terjadi pada *mold* atau produk, sehingga dapat diantisipasi dari awal segala kemungkinan yang terjadi. Proses *trial* dan *error* akan lebih efektif dikarenakan dengan simulasi akan didapatkan nilai parameter *setting* yang akan mendekati nilai sebenarnya [7][8]. Penentuan titik injeksi *molding* sangat menentukan kualitas produk yang dihasilkan pada proses injeksi *molding* [9]. Pada penelitian ini titik injeksi *molding* ditetapkan pada satu titik tertentu pada model *mold*, tidak dilakukan perubahan titik lokasi injeksi selama simulasi dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk membantu proses pembuatan *mold* sendok makan plastik dengan cara mencari nilai parameter *setting* (temperatur *mold*, temperatur *melt*) terbaik, agar pada saat produksi mendapatkan produk dengan kualitas baik dan waktu produksi lebih cepat.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi dilakukan dengan mengumpulkan literatur terkait pengaturan parameter setting pada injeksi molding untuk mendapatkan hasil dengan kualitas baik dan simulasi dilakukan untuk menganalisis *quality prediction* dan *fill time* pada *injeksi molding*. Studi literatur dilakukan dengan mencari buku referensi atau jurnal penelitian sebelumnya yang memberikan informasi tentang teori *injeksi molding*.

2. Desain Produk

Desain produk sendok makan dibuat dengan menggunakan *CAD software*. Desain produk sendok makan dibuat dalam bentuk *3D* yang akan digunakan pada proses simulasi *injeksi molding*.

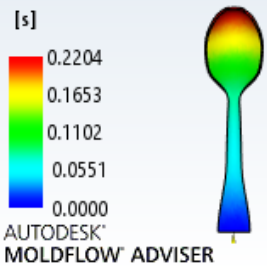
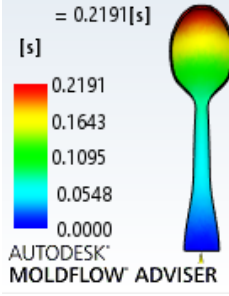

3. Injeksi Molding

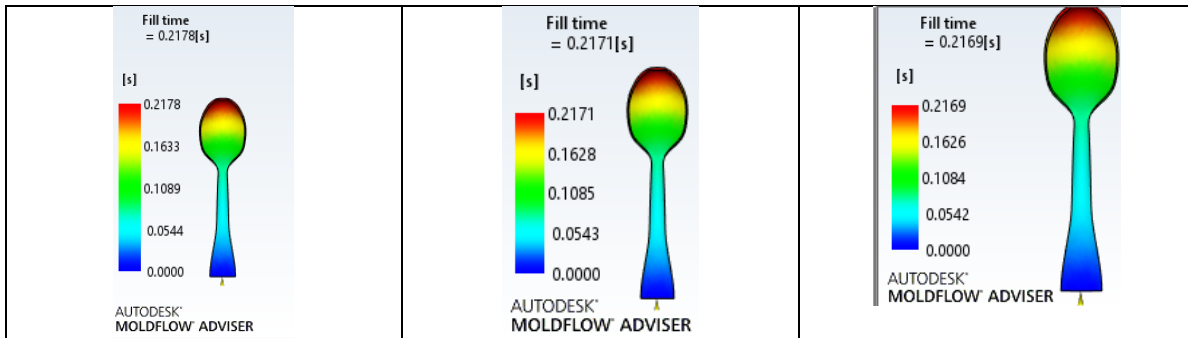
Penelitian dilakukan menggunakan software simulasi *Autodesk Moldflow Adviser 2016* untuk dapat mengetahui pengaruh variasi temperatur *mold* dan temperatur *melt* terhadap *fill time* serta *quality prediction*. Instrumen penelitian ini menggunakan *mold* sendok dengan material produk *Polystyrene (PS)*. Parameter yang divariasi adalah temperatur *mold* 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55°C serta temperatur *melt* pada suhu 215°C dan 220°C.

Langkah awal yang dilakukan adalah dengan mengimpor gambar desain produk sendok makan dalam bentuk *3D* kedalam aplikasi *moldflow*, Kemudian tahap berikutnya yaitu memilih jenis cetakan yang dipergunakan. Pada penelitian ini jenis cetakan yang digunakan adalah *part only*, artinya hanya bagian yang dianalisis.

Hasil Dan Pembahasan

Fill Time

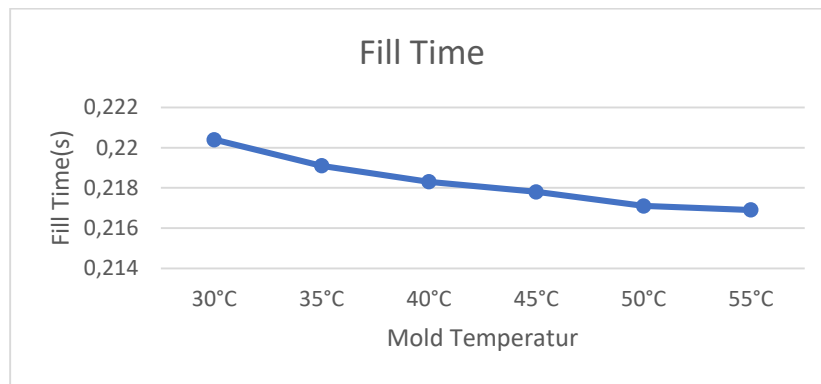
temperatur <i>mold</i> 30°C	temperatur <i>mold</i> 35°C	temperatur <i>mold</i> 40°C
<p>Fill time = 0.2204[s]</p> <p>[s]</p> <p>0.2204 0.1653 0.1102 0.0551 0.0000</p> <p>AUTODESK[®] MOLDFLOW[®] ADVISER</p> 	<p>Fill time = 0.2191[s]</p> <p>[s]</p> <p>0.2191 0.1643 0.1095 0.0548 0.0000</p> <p>AUTODESK[®] MOLDFLOW[®] ADVISER</p> 	<p>Fill time = 0.2183[s]</p> <p>[s]</p> <p>0.2183 0.1637 0.1092 0.0546 0.0000</p> <p>AUTODESK[®] MOLDFLOW[®] ADVISER</p> 
temperatur <i>mold</i> 45°C	temperatur <i>mold</i> 50°C	temperatur <i>mold</i> 55°C



Gambar 1. Hasil simulasi injeksi dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 215°C dan dengan variabel temperatur *mold* yang berbeda yaitu 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, dan 55°C

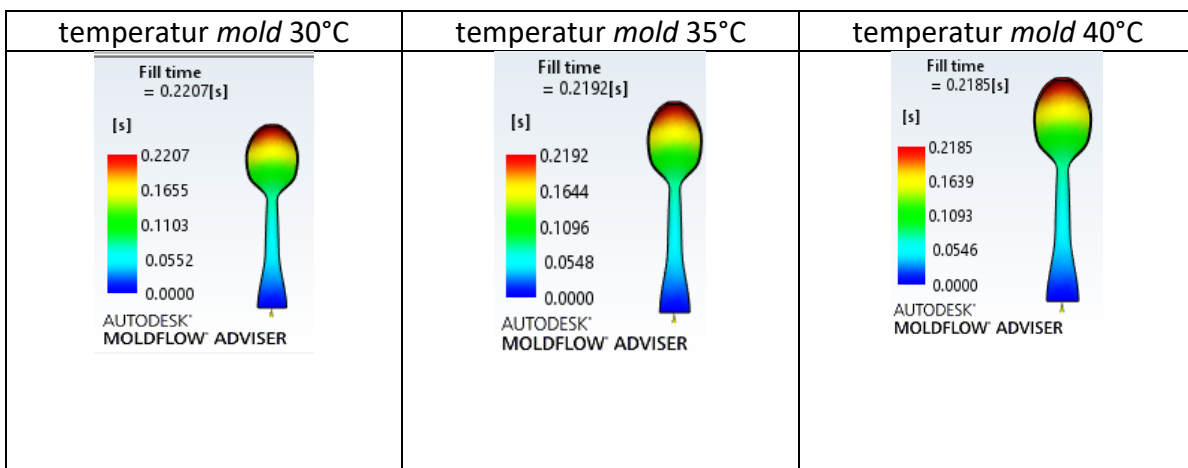
Tabel 1. Fill Time dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 215°C

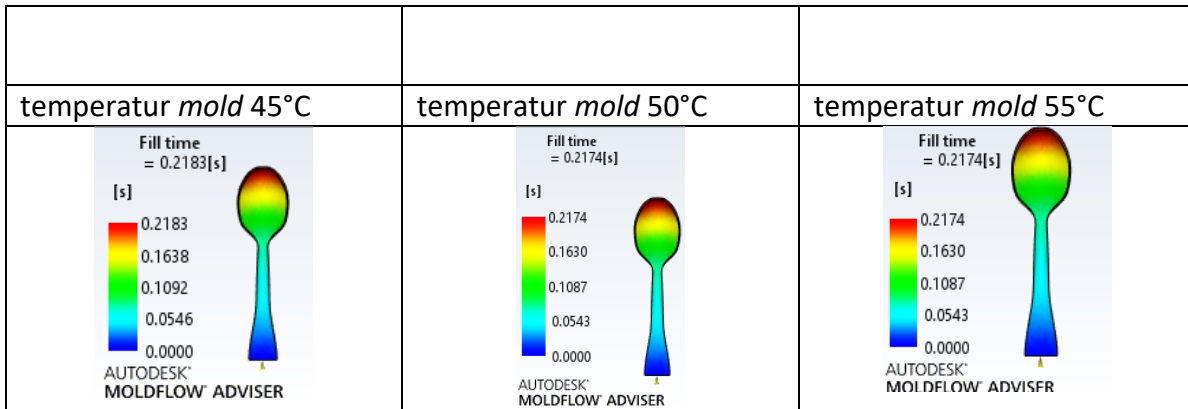
Temperatur <i>Mold</i>	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
Fill Time	0,2204	0,2191	0,2183	0,2178	0,2171	0,2169



Gambar 2. Grafik *Fill Time* dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 215°C

Hasil simulasi injeksi dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 220°C dan dengan variabel temperatur *mold* yang berbeda yaitu 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, dan 55°C.

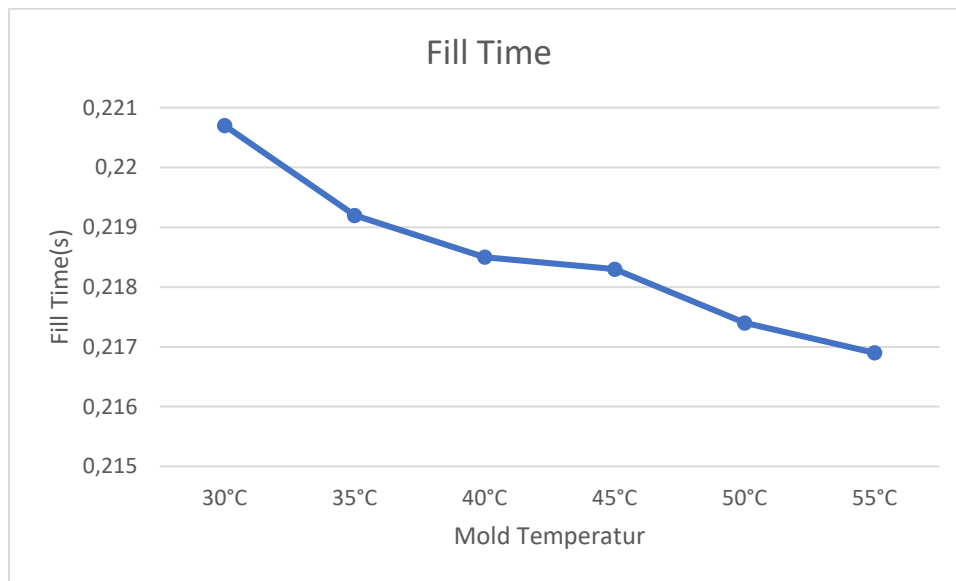




Gambar 3. Hasil simulasi injeksi dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 220°C dan dengan variabel temperatur *mold* yang berbeda yaitu 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, dan 55°C

Tabel 2. *Fill Time* dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 220°C

Temperatur <i>Mold</i>	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
<i>Fill Time</i>	0,2207	0,2192	0,2185	0,2183	0,2174	0,2169



Gambar 4. Grafik *Fill Time* dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 220°C

Fill Time adalah indikasi seberapa cepat waktu plastik disuntikan ke *mold* atau cetakan. Pada Gambar 1 dan Gambar 3, warna biru tua, biru muda, hijau, kuning, merah pada model desain sendok makan menunjukkan posisi cairan plastik pada saat proses *injeksi molding* dilakukan pada waktu tertentu. Sebagai contoh warna biru menunjukkan waktu awal proses injeksi *molding* dan warna merah menunjukkan tahap akhir waktu injeksi *molding*. Seperti terlihat pada Tabel 1, Tabel 2, Gambar 2, dan Gambar 4 semakin besar nilai temperatur *mold* maka *fill*

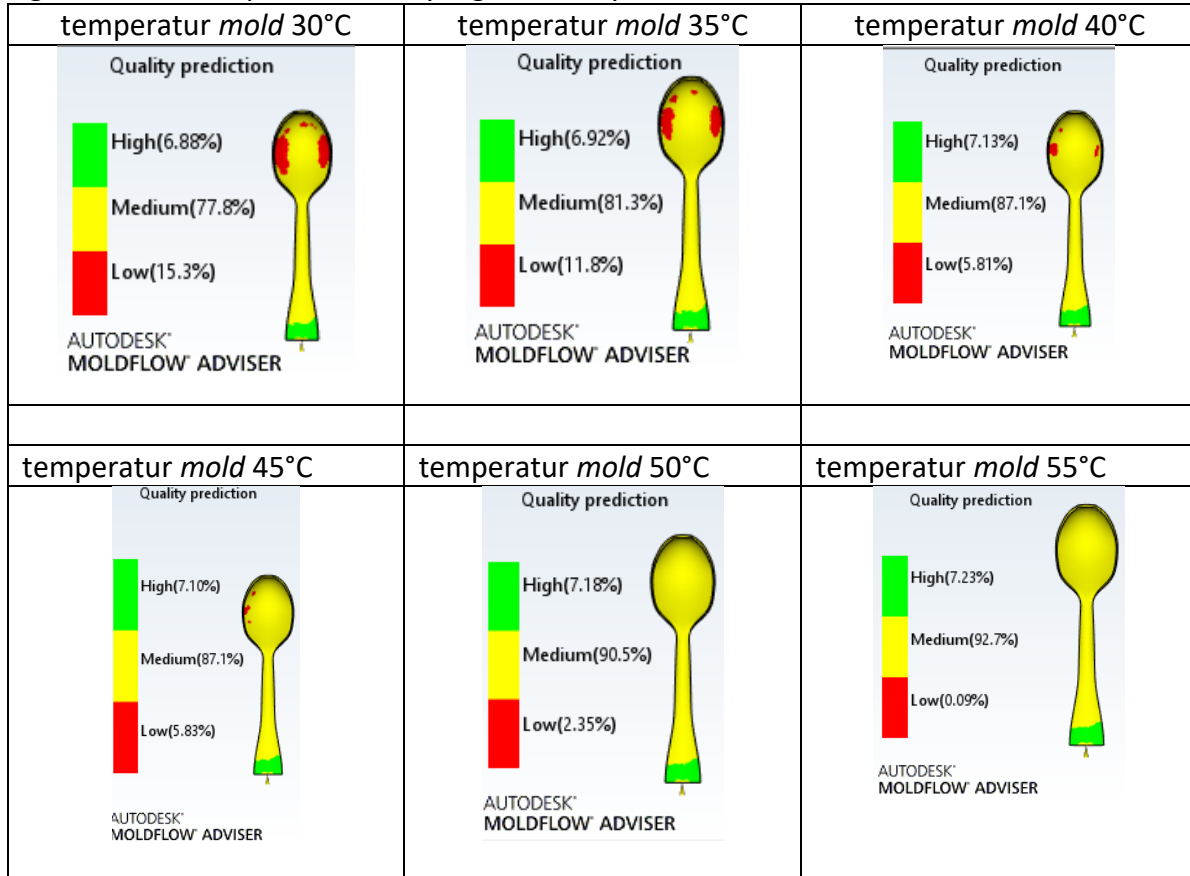
time injeksi *molding* semakin cepat, tidak terdapat perbedaan *fill time* yang signifikan antara simulasi injeksi *molding* dengan temperatur *melt* suhu 215°C dan suhu 220°C.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa *fill time* berbanding terbalik dengan temperatur *mold*. Semakin tinggi nilai temperatur *mold* maka semakin cepat *fill time*.

Dari hasil simulasi nilai optimal didapatkan pada temperatur *melt* ditahan pada suhu 220°C dengan temperatur *mold* 55° C dengan *fill time* 0,2169 s.

Quality Prediction

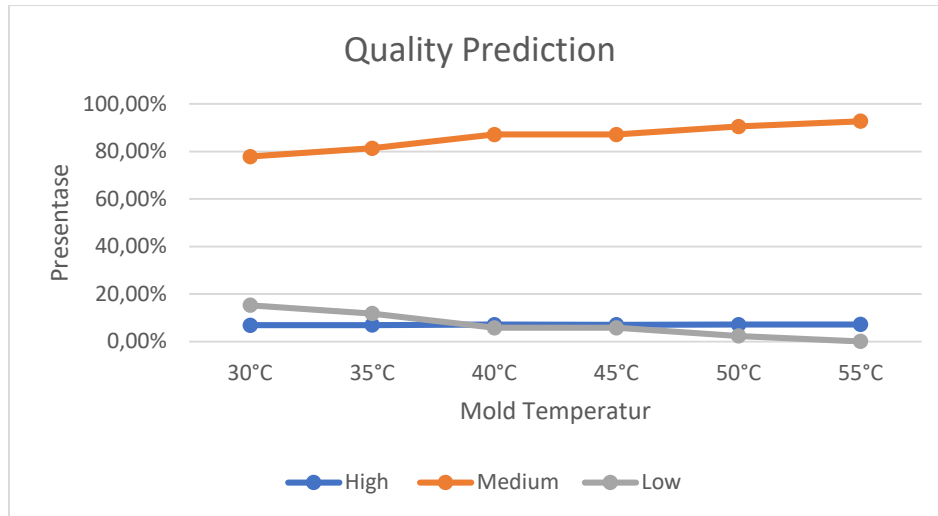
Hasil simulasi injeksi dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 215°C dan dengan variabel temperatur *mold* yang berbeda yaitu 30°C, 35°C,40°C, 45°C, 50°C, dan 55°C



Gambar 5. Hasil simulasi injeksi dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 215°C dan dengan variabel temperatur *mold* yang berbeda yaitu 30°C, 35°C,40°C, 45°C, 50°C, dan 55°C

Tabel 3. *Quality Prediction* dengan *melt temperature* material yang ditahan pada suhu 215°C

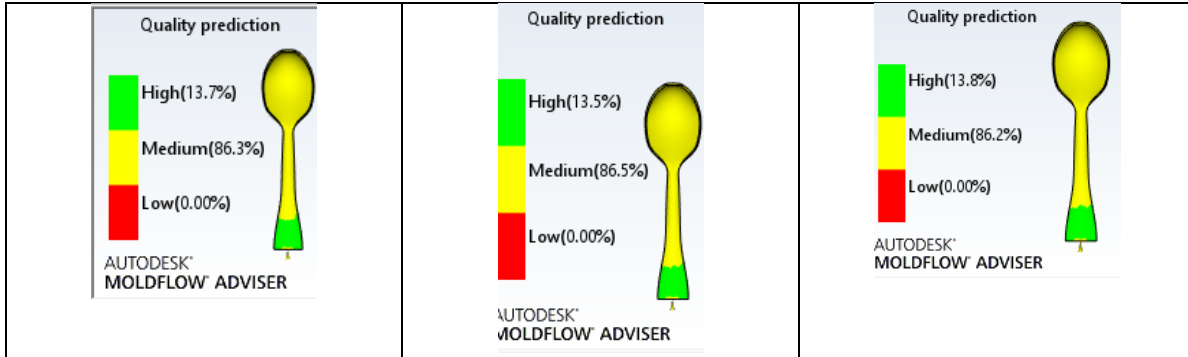
Temperatur <i>Mold</i>	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
High Quality	6,88%	6,92%	7,13%	7,10%	7,18%	7,23%
Medium Quality	77,80%	81,30%	87,10%	87,10%	90,50%	92,70%
Low Quality	15,30%	11,80%	5,81%	5,83%	2,35%	0,09%



Gambar 6. Grafik *Quality Prediction* dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 215°C

Hasil simulasi injeksi dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 220°C dan dengan variabel temperatur *mold* yang berbeda yaitu 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°, dan 55°C.

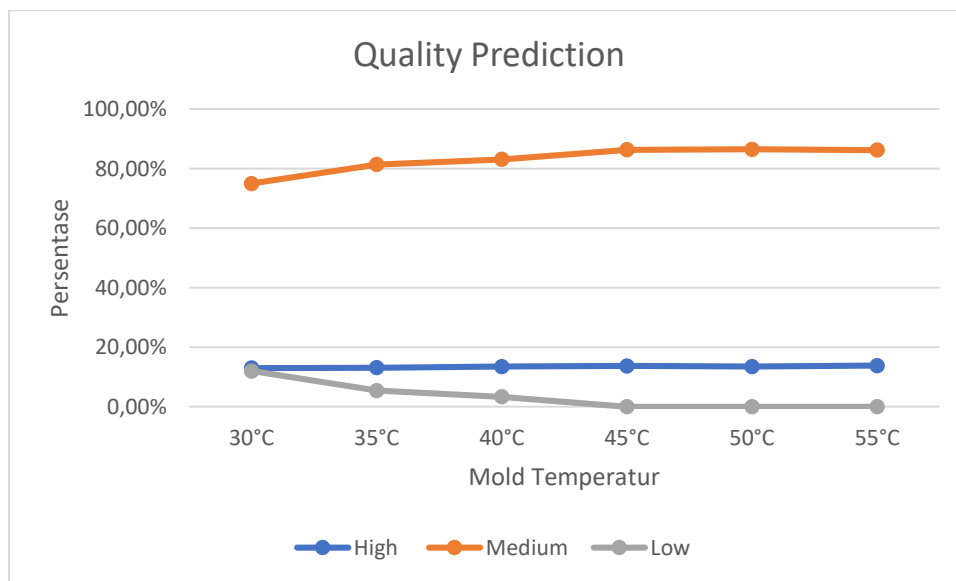
temperatur <i>mold</i> 30°C	temperatur <i>mold</i> 35°C	temperatur <i>mold</i> 40°C
<p>Quality prediction</p> <p>High(13.0%) Medium(75.0%) Low(12.0%)</p> <p>AUTODESK® MOLDFLOW® ADVISER</p>	<p>Quality prediction</p> <p>High(13.1%) Medium(81.4%) Low(5.42%)</p> <p>AUTODESK® MOLDFLOW® ADVISER</p>	<p>Quality prediction</p> <p>High(13.5%) Medium(83.1%) Low(3.35%)</p> <p>AUTODESK® MOLDFLOW® ADVISER</p>
temperatur <i>mold</i> 45°C	temperatur <i>mold</i> 50°C	temperatur <i>mold</i> 55°C



Gambar 7. Hasil simulasi *injeksi* dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 220°C dan dengan variabel temperatur *mold* yang berbeda yaitu 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, dan 55°C

Tabel 4. *Quality Prediction* dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 220°C

Temperatur Mold	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
High Quality	13,00%	13,10%	13,50%	13,70%	13,50%	13,80%
Medium Quality	75,00%	81,40%	83,10%	86,30%	86,50%	86,20%
Low Quality	12,00%	5,42%	3,35%	0,00%	0,00%	0,00%



Gambar 8. Grafik *Quality Prediction* dengan temperatur *melt* material yang ditahan pada suhu 215°C

Quality prediction adalah prediksi tingkat kualitas dari suatu produk *injeksi molding*. Dari Gambar 5 dan Gambar 7, warna merah menunjukan kualitas rendah, warna kuning menunjukan

kualitas sedang, dan warna hijau menunjukkan kualitas tinggi. Terlihat dari Tabel 3, Tabel 4, Gambar 6, dan Gambar 8 semakin tinggi temperatur *mold* maka jumlah bagian yang berkualitas tinggi semakin banyak. Semakin tinggi temperatur *melt* maka semakin tinggi pula bagian produk yang berkualitas tinggi.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa *quality prediction* berbanding lurus dengan temperatur *mold*. Semakin tinggi nilai temperatur *mold* maka semakin tinggi nilai *quality prediction*.

Dari hasil simulasi nilai optimal didapatkan pada temperatur *melt* ditahan pada suhu 220°C dengan temperatur *mold* 55° C dengan *quality prediction* bernilai *high* 13,80%, bernilai *medium* 86,20%, dan bernilai *low* 0,00%.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang mengacu pada perumusan masalah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Fill time* berbanding terbalik dengan *mold* temperatur. Semakin tinggi nilai temperatur *mold* maka semakin cepat *fill time*.
2. *Quality prediction* berbanding lurus dengan temperatur *mold*. Semakin tinggi nilai temperatur *mold* maka semakin tinggi nilai *quality prediction*.
3. Berdasarkan hasil simulasi dan penelitian yang telah dilakukan parameter setting yang terbaik diantara dua belas data yang diperoleh adalah pada temperatur *mold* 55°C dan temperatur *melt* 220°C dengan *fill time* 0,2169 s serta *quality prediction* bernilai *high* 13,80%, bernilai *medium* 86,20%, dan bernilai *low* 0,00%, karena kualitas produk yang dihasilkan lebih baik dan waktu produksi yang lebih kecil. Sehingga dapat membuat proses produksi lebih efektif dan efisien.

Daftar Pustaka

- [1] Krisyanti, Ilona VOS, Anjang Priliantini, Pengaruh Kampanye #PantangPlastik terhadap Sikap Ramah Lingkungan (Survei pada Pengikut Instagram @GreenpeaceID, Jurnal Komunika, Vol. 9 No. 1 /Juni 2020
- [2] KBBI, 2022. Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI). [Online] Available at: <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/plastik>, diakses 8 Oktober 2022 Pukul 16.20
- [3] <https://iupac.org/polymer-edu/what-are-polymers/> Diakses 7 Oktober 2022 Pukul 14.10
- [4] Harper Charles A. *Handbook of Plastic Processes* John Wiley & Sons, Inc 7 October 2005
- [5] Y. Yang, X. Chen, N. Lu, and F. Gao, *Injection Molding Process Control, Monitoring, and Optimization*. Muchen: Hanser, 2016
- [6] R. Zheng, R. Tanner, X. J. Fan, *Injection molding: Integration of theory and modeling methods*, Springer, Berlin, Germany, 2011
- [7] Akhmad Wildan and Andoko Andoko, Effect of coolant temperature on product quality on injection molding machines using Autodesk Moldflow adviser software, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1034 (2021) 012019
- [8] <https://www.ptonline.com/articles/a-new-look-at-evaluating-fill-times-for-injection-molding> diakses pada 8 Oktober 2022 Pukul 16.15
- [9] R. A. Malloy and R. A. Malloy, *Plastic Part Design for Injection Molding*. 2010.

p-ISSN : 1411-7703

e-ISSN : 2746-2625

- [10] P. Sanurya Putri , Analysis Of Injector Location And Defects Of Products Resulting In The Manufacturing Of Car Bumpers Using Moldflow Software, Indonesian Journal of Multidisciplinary Science © 2022