



Analisis Perpindahan Panas dan Laju Kalor Penyebab Cacat Produksi Injection Molding Spakbor Sepeda Motor di PT. XYZ

Dewi Marlina¹, Kardiman², Najmudin Fauji³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa

Abstract

Received: 11 Agustus 2022
Revised: 18 Agustus 2022
Accepted: 25 Agustus 2022

From observations on molding and die casting companies as well as the production of plastic molding automotive parts, several defects were found in the injection engine results. Types of product defects include short mold, black spot, flowmark and wide flashing. This study aims to suppress the problem of the factors causing product defects, namely by calculating the heat transfer that occurs in the mold and calculating the rate of heat absorbed by the chiller which is expected to reduce product defects on the front fender of the motorcycle so that it can meet the desired production targets and can reduce production costs incurred. excess. The results showed a decrease in the mold temperature of 35°C and the melting temperature of the plastic at 220°C, which was 1.19%. And to maintain a mold temperature of 35°C with a plastic melting temperature of 220°C, the proper chiller temperature setting occurs at 28°C. It can be concluded that the cause of defects in the front fender of a motorcycle is the relationship between the melting temperature of the plastic as a raw material and the temperature of the mold used.

Keywords: : plastic injection, product defects, heat transfer, mold temperature, heat rate

(*) Corresponding Author: 1810631150111@student.unsika.ac.id

How to Cite: Marlina, D., Kardiman, K., & Fauji, N. (2022). Analisis Perpindahan Panas dan Laju Kalor Penyebab Cacat Produksi Injection Molding Spakbor Sepeda Motor di PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(15), 156-171. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7049077>

PENDAHULUAN

Spakbor adalah salah satu komponen yang terdapat di dalam motor yang dapat berfungsi menjadi pelindung bagi penumpang maupun pengendara agar tidak terkena cipratan, namun pada umumnya spakbor depan cenderung melindungi area komponen mesin motor dari lumpur dan cipratan air. Adapun material yang digunakan dalam pembuatan spakbor yaitu *plastic*.

Plastik adalah suatu polimer yang memiliki sifat-sifat yang luar biasa. Material plastik yang digunakan dalam pembuatan produk plastik diantaranya *polypropylene*, *polyetilene*, *polystyrene*, dan lain-lain. (Priohutomo, 2020). Material *plastic* ini dipilih karena sifatnya yang ringan, kuat, mudah dibentuk, anti karat, kedap terhadap bahan kimia, serta murah dalam proses pembuatannya.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang berfokus pada pembuatan *moulding* dan *die casting* serta produksi pencetakan *plastic* bagian-bagian otomotif dengan menggunakan system *injection moulding*. Spakbor sepeda motor adalah salah satu produk yang diproduksi di PT. XYZ.

Adapun proses produksi pada sistem *injection moulding* di PT. XYZ yang mengacu pada settingan saat ini mengalami banyak kegagalan produk diantaranya

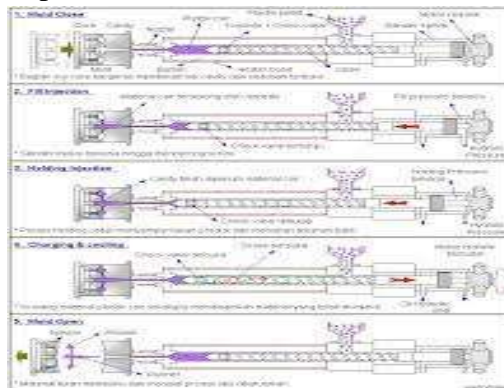


yaitu *short mold*, *black spot*, *flowmark* dan *flashing* yang mengakibatkan biaya produksi yang berlebih dan tidak mencapai target produksi yang diinginkan.

Melihat latar belakang tersebut, membuat penulis tertarik untuk membahas faktor yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan produk yaitu dengan menghitung perpindahan panas yang terjadi pada mold dan mesin pendingin serta menghitung laju kalor yang diserap oleh *chiller* yang diharapkan dapat mengurangi kegagalan visual pada produk spakbor depan sepeda motor dan dapat memenuhi target produksi yang diinginkan serta dapat mengurangi biaya produksi yang berlebih. (Azhari & Pribadi, 2020)

Injection Molding

Menurut (Yulianto, Rispiandra, & Prasetyo, 2014) *injection molding* seperti operasi pada jarum suntik, dimana resin plastik yang dilelehkan di barrel disuntikan kedalam *mold* (cetakan) yang tertutup rapat yang berada didalam mesin sehingga lelehan tersebut memenuhi ruang pada *mold* sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Proses siklus untuk injection molding terdiri dari empat tahapan yaitu, *clamping* sebelum injeksi bahan ke dalam cetakan, dua bagian dari cetakan harus tertutup rapat pada mesin, injeksi plastik cair yang kemudian disuntikkan ke dalam *mold* dan memenuhi ruangan sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan, *cooling* yang merupakan proses pendinginan material plastik setelah proses penyuntikan, dan *ejection* ketika *mold* dibuka lalu mekanisme *ejection system* akan mendorong bagian produk plastik keluar dari cetakan.



Gambar 1. Cara Kerja Injection Molding

Cacat Produksi Pada Proses Injeksi Plastik

- *Sink Mark*

Sink mark adalah cacat yang membentuk lekukan pada produk, yang timbul pada dinding produk yang tebal atau pertemuan antara dinding dan sirip yang membentuk bagian yang menebal pada daerah tertentu.

- *Short Shot*

Short Shot adalah suatu kondisi dimana, plastik leleh yang akan diinjeksikan kedalam *cavity* tidak mencapai kapasitas yang ideal atau sesuai settingan mesin.

Sehingga plastik yang diinjeksikan kedalam *cavity* mengeras terlebih dahulu sebelum memenuhi *cavity*.

- *Flashing (Flash)*

Flashing adalah jenis *minor defect* pada material, artinya material masih bisa dikatakan bagus tetapi harus dilakukan pembersihan (*finishing*) pada produk. *Flashing* sendiri berarti terdapat material lebih yang ikut membeku di pinggir pinggir produk.

- *Flow-mark*

Kondisi *flow-mark* digunakan untuk menggambarkan fenomena dimana terdapat pola bergaris, terbentuk di sekitar gate pada saat material mengalir memasuki *cavity*.

- *Colour Streaks*

Fenomena *colour streaks* terjadi karena adanya dua campuran atau lebih warna pada suatu produk yang menyebabkan warna produk tersebut menjadi belang.

- *Bubbles*

Bubbles dapat dibilang sebagai gelembung udara yang terperangkap dalam produk. Biasanya terjadi pada saat proses injeksi material kedalam *cavity* ketika udara tidak sempat keluar melalui air venting. Cacat ini juga dapat dipengaruhi oleh gas yang masih terperangkap dengan material cair dalam *cylinder*.

- *Jetting*

Jetting adalah garis semburan di permukaan produk. Penyebabnya bisa karena ukuran gate yang terlalu kecil sehingga *speed* material yang diinjeksikan menjadi cukup cepat atau temperatur material yang terlalu rendah dan viskositas material menjadi tinggi yang mengakibatkan resistensi terhadap material menjadi besar.

- *Weld –line*

Weld-line terjadi ketika dua atau lebih aliran lelehan material yang bertemu dan membeku dengan tidak sempurna yang digambarkan dengan garis “V” sempit pada kedua ujung aliran lelehan material. Fenomena ini terjadi pada saat menggunakan sisipan atau *multi-point gate*.

- *Black Spot*

Black spot atau bintik hitam atau goresan pada permukaan produk terjadi karena kerusakan thermal. Adanya material sisa yang terjebak dalam heater atau kontaminasi produk oleh zat yang tidak diperlukan yang menyebabkan *black spot*. Kecepatan *screw* yang terlalu tinggi sehingga menyebabkan degradasi material juga mempengaruhi cacat ini. (PERMADI, 2020).

Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan bentuk kalor yang berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah dan berlangsung sampai terjadi suhu kesetimbangan. Suhu kesetimbangan adalah kondisi ketika proses

perpindahan panas berhenti yang ditandai dengan kesamaan suhu dari kedua benda yang mengalami proses perpindahan panas. Adapun proses perpindahan panas yang terjadi dalam proses injection molding yaitu konduksi dan konveksi. Yang membedakan dari keduanya jenis perpindahan adalah pada media perpindahan panasnya. (Supriyanto, 2013)

▪ Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi, dimana proses perpindahan panas terjadi antara benda atau partikel-partikel yang berkontak langsung, melekat satu dengan yang lainnya; tidak ada pergerakan relative di antara benda-benda tersebut.

Adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$q_{kond} = k \cdot A \frac{\Delta T}{L}$$

Keterangan:

q_{kond} = Perpindahan Panas jenis Konduksi ($w/m^2.k$)

k = Konduktifitas termal ($w/m.k$)

A = Luas permukaan (m^2)

ΔT = selisih termal ($T_s - T_\infty$) (K)

L = panjang (m)

▪ Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas akibat adanya gerakan/ perpindahan molekul dari tempat dengan temperatur tinggi ke tempat yang temperaturnya lebih rendah disertai dengan perpindahan partikel-partikel zat perantaranya.

Adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$q_{konv} = h \cdot A (T_s - T_\infty)$$

Keterangan:

q_{konv} = perpindahan jenis konveksi ($w/m^2.k$)

h = Koefisien konveksi ($w/m.k$)

A = Luas permukaan (m^2)

T_s = Temperatur permukaan (K)

T_∞ = Temperatur Lingkungan (K)

Adapun untuk menghitung atau menemukan besar perpindahan panas jenis konveksi ada beberapa langkah yang dilakukan, adapun rumus dan langkahnya sebagai berikut:

1. kecepatan rata-rata fluida

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dimana:

V = kecepatan rata-rata fluida (m/s)

Q = kapasitas fluida yang melewati fix cavity plate (m^3/s)

A = luasan lubang cooling (m^2)

2. Bilangan Reynold

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

Dimana :

V = kecepatan rata-rata fluida (m/s)

d = diameter lubang *cooling mold* (m)

ν = viskositas kinematik air pada (m^2/s)

3. Nusselt Number

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^n$$

Dimana:

Nu = bilangan Nusselt

Re = bilangan Reynold

Pr = bilangan Prandtl

4. Nilai Koefisien Konveksi

$$h = \frac{Nu \cdot k}{d}$$

Dimana:

h = koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 \cdot K$)

Nu = bilangan Nusselt = 11,17

k = koefisien konduktivitas panas air ($W/m \cdot K$)

d = jarak permukaan *fix cavity plate* bagian atas ke air (m)

▪ Laju Kalor yang Diserap

Mesin pendingin *chiller* mampu menerima dan melepaskan kalor. Laju kalor yang diserap air pendingin dihitung dengan persamaan:

$$q = \dot{m} \times C_{p_{air}} \times \Delta T$$

Dimana:

q = laju kalor yang diserap (W)

\dot{m} = massa (kg/m^3)

$C_{p_{air}}$ = massa jenis air ($kJ/kg \cdot K$)

ΔT = perubahan temperature (K)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kausal komparatif yaitu mencari jawaban secara mendasar tentang sebab akibat dengan cara menganalisa faktor-faktor penyebab terjadinya ataupun munculnya suatu fenomena tertentu. Tujuannya adalah melihat akibat dari suatu fenomena dan

menguji hubungan sebab akibat dari data-data setelah semua kejadian yang dikumpulkan telah selesai berlangsung.

Penelitian ini dilakukan langsung di PT. XYZ menggunakan mesin POTENZA 280 yang berkapasitas maksimal 280ton dengan mengatur temperatur cetakan (*mold*) dan temperatur leleh plastik dalam barrel untuk mengetahui perbandingan jumlah cacat produk spakbor sepeda motor yang terjadi selama proses produksi.



Gambar 2. Mesin Injeksi Plastik

Parameter *injection pressure* dalam penelitian ini sebesar 80 bar, *injection time* 2 s, *charge time* 30 s, *cooling time* 70 s. Parameter yang divariasi adalah temperatur leleh plastik dengan variasi 215°C dan 220 °C serta temperatur *mold* dengan variasi 25 °C, 30 °C dan 35 °C.



Gambar 3. Parameter Injection

Adapun material plastik yang digunakan adalah jenis PP (*Polypropylene*) dan material *mold* adalah baja S50C.

Langkah Penelitian

▪ Studi Lapangan

Tahapan ini merupakan suatu tahapan penelitian langsung ke lapangan yaitu langsung dilakukan di PT. XYZ, dengan mewawancarai beberapa staff untuk

mengetahui proses produksi dan jenis cacat produk spakbor sepeda motor pada hasil produksi dari mesin injeksi plastic.

▪ Studi Pustaka

Pada tahap ini, dilakukan pencarian sumber-sumber yang berkaitan dengan objek penelitian, yang meliputi modul, artikel, teknologi internet serta buku-buku bacaan lainnya.

▪ Percobaan dan Pengumpulan Data

Dalam tahap ini dilakukan percobaan dengan membandingkan cacat produk dengan settingan suhu cetakan (*mold*) dan suhu material plastik cair dalam barrel yang akan diteliti pada proses produksi spakbor sepeda motor lalu mengumpulkan semua data yang diperoleh dari hasil percobaan.

▪ Analisis dan Perhitungan

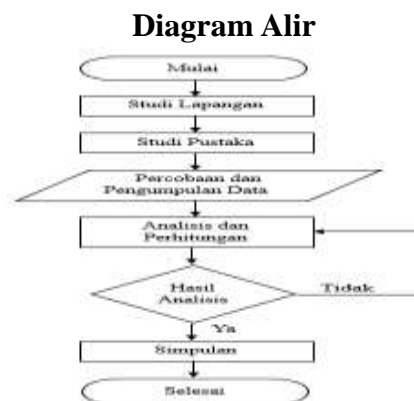
Pada tahap ini, dilakukan analisis data yang telah diperoleh serta menghitung perpindahan panas dan laju kalor yang diserap.

▪ Hasil Analisis

Dalam tahapan ini membahas dan menjelaskan hasil analisis yang telah didapat dan dihitung sebelumnya.

▪ Simpulan

Tahapan ini merupakan tahapan yang paling akhir. Dimana dari hasil analisis yang sudah ada, dapat disimpulkan dan juga dapat menyarankan apa saja kekurangan dan kelebihan dalam penelitian ini.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

▪ Cacat produk yang dialami

Cacat produk pada hasil mesin injeksi plastic spakbor sepeda motor ini berbeda-beda di setiap kali percobaan. Pada kondisi temperatur leleh plastik 200°C dan 220 °C dan dalam kondisi temperatur *mold* 25 °C sering terjadi cacat produk seperti *short mold*, *flashing*, *black spot* dan *flow mark*, dan pada kondisi temperatur *mold* 30°C dengan temperatur leleh plastik yang sama cacat produk seperti *flow*

mark dan *black spot* sudah tidak terjadi, tetapi pada saat temperatur mold 35°C terjadi cacat produk seperti *short mold*, *flashing* dan *black spot*. *Short mold* yang terjadi pada kondisi temperatur mold 25°C kadang disertai adanya material tertinggal di *sprue mold cavity*, dan karena itu harus dikeluarkan dengan cara manual yaitu dengan memanaskan baut lalu ditusukan ke material yang menyumbat lalu mencabutnya dengan tang, proses tersebut dapat menyebabkan waktu produksi menjadi terganggu.

▪ Hasil pengujian cacat produk

Dalam penelitian ini setiap pengujian menggunakan parameter settingan mesin yang sama, dimana menggunakan temperatur leleh sebesar 200°C - 220°C dan memvariasikan temperatur *mold* yang diujikan yaitu sebesar 25°C, 30°C dan 35 °C.

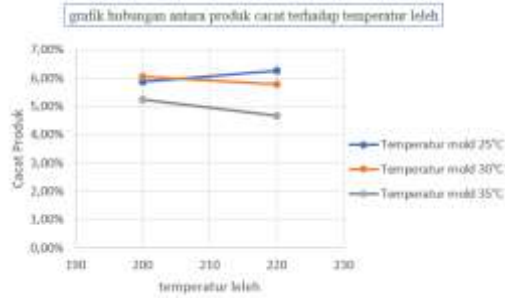
Cacat produk pada saat pengujian I cukup banyak, cacat yang dialami yaitu *flashing* yang cukup lebar dan sering terjadi penyumbatan didalam *mold* serta harus mengeluarkan terlebih dahulu *sprue* yang menyumbat *mold*. Dan pada saat pengujian II cacat yang terjadi bertambah dan akibat dari temperatur leleh yang dinaikan sering terjadi cacat *short mold* dan *black spot* secara bersamaan.

Pada saat pengujian III cacat produk *short mold* masih terjadi tetapi produk yang cacat berkurang dibandingkan dengan pengujian II. Dan pada saat pengujian IV cacat produk lebih sedikit dibandingkan dengan pengujian II dan III. Pada pengujian V cacat produk sama seperti pada pengujian III dan IV, namun jumlah produk yang cacat masih lebih sedikit pengujian ini. Dan pada pengujian VI menghasilkan cacat paling sedikit dibandingkan dengan temperatur yang diujikan lainnya. Adapun data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah cacat produk

Peng ujian	Temperatur (°C)		Jum lah Pro duk	Bai k	Ga gal	Ga gal (%)
	L eleh	M old				
Ming gu ke-1	20 0	2 5	531 06,4	499 90,8	31 16	5, 87%
Ming gu ke-2	22 0	2 5	645 57	605 08,1	40 48,4	6, 27%
Ming gu ke-3	20 0	3 0	610 17	573 19,2	36 97,4	6, 06%
Ming gu ke-4	22 0	3 0	101 164	953 14,7	58 49,4	5, 78%
Ming gu ke-5	20 0	3 5	291 61	276 32,3	15 28,7	5, 24%
Ming gu ke-6	22 0	3 5	662 70	631 65,6	31 04	4, 68%

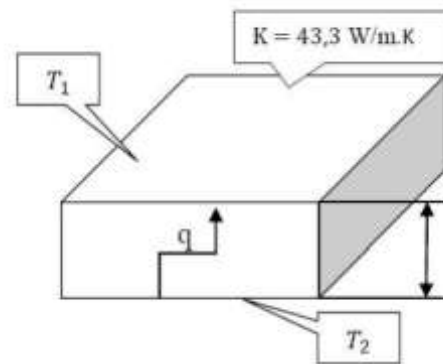
Tabel 1. diatas dapat dilihat pada grafik hubungan antara produk gagal terhadap temperatur leleh yang terdapat di gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian

▪ **Perpindahan panas konduksi**

Perhitungan perpindahan panas konduksi dilakukan pada bagian *fix cavity plate*. Berikut ini adalah fenomena perpindahan panas konduksi, seperti gambar 4.



Gambar 4. Fenomena konduksi
Konduksi pada temperatur mold 25°C

$$q = \frac{k \cdot A (T_2 - T_1)}{L}$$

Dimana:

Nilai konduktivitas panas untuk material baja karbon S50C (k) yaitu 43,3 W/m. K

T1 = temperatur rata-rata permukaan pelat atas = 22°C = 295,15 K

T2 = temperatur rata-rata permukaan pelat bawah = 25 °C = 298,15 K

L = tebal pelat 0,418 m

A = luas penampang aliran panas

p x l = 0,82 m x 0,895 m

= 0,734 m²

Maka,

$$q = \frac{43,3 \frac{W}{m} \cdot K \cdot 0,734 m^2 \cdot (298,15 K - 295,15 K)}{0,418 m}$$

$$q = \frac{43,3 \frac{W}{m} \cdot K \cdot 0,734 m^2 \cdot 3K}{0,418 m}$$

$$q = 228,1 W$$

Jadi, laju perpindahan panas konduksi yang terjadi pada saat menggunakan mesin pendingin *chiller* dalam temperatur 25°C adalah sebesar 228,1 W

Konduksi pada temperatur mold 30°C

Diketahui nilai temperatur pada pengukuran sebagai berikut:

$$T_1 = 28^\circ C = 301,15 K$$

$$T_2 = 30^\circ C = 303,15 K$$

Maka,

$$q = \frac{43,3 \frac{W}{m} \cdot K \cdot 0,734 m^2 \cdot (303,15K - 301,15K)}{0,418 m}$$

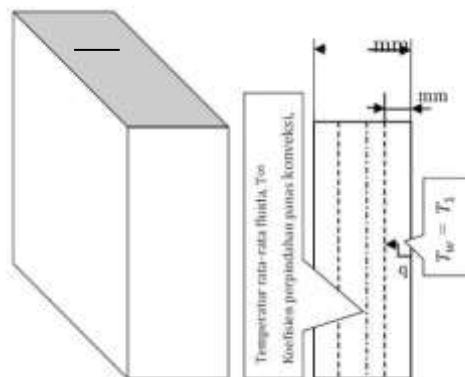
$$q = \frac{43,3 \frac{W}{m} \cdot K \cdot 0,734 m^2 \cdot 2K}{0,418 m}$$

$$q = 152,06 W$$

Jadi, laju perpindahan panas konduksi yang terjadi pada saat menggunakan mesin pendingin *chiller* dalam temperatur 30°C adalah sebesar 152,06 W

▪ **Perpindahan panas konveksi**

Perpindahan panas konveksi Perhitungan perpindahan panas konveksi dilakukan pada bagian *fix cavity plate*. Berikut ini adalah fenomena perpindahan panas konveksi.



Gambar 5. Fenomena konveksi **Konveksi pada temperatur mold 25°C**

$$q = h A (T_w - T_\infty)$$

Dimana:

A = luas penampang aliran panas

$$= p \times l = 0,82 m \times 0,895 m$$

$$= 0,734 m^2$$

T_w = temperatur rata-rata permukaan pelat atas = $T_1 = 25^\circ\text{C} = 298,15\text{ K}$

T_∞ = temperatur fluida

= $20^\circ\text{C} = 293,15\text{ K}$

k = konduktivitas termal air

= $0,556\text{ W/m. K}$

Menentukan kecepatan rata-rata fluida:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dimana:

Q = kapasitas fluida yang melewati *fix cavity plate* = $1,383 \times 10^{-3}\text{ m}^3/\text{s}$

A = luasan lubang *cooling*

= $6,541 \times 10^{-4}\text{ m}^2$

Maka,

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{1,383 \times 10^{-3}\text{ m}^3/\text{s}}{6,541 \times 10^{-4}\text{ m}^2}$$

$$V = 2,144\text{ m/s}$$

Menentukan bilangan Reynold:

$$Re = V \cdot d$$

Dimana:

V = kecepatan rata-rata fluida

= $2,144\text{ m/s}$

d = diameter lubang *cooling mold*

= $1\frac{1}{2}\text{ inci} = 0,0381\text{ m}$

ν = viskositas kinematik air pada temperatur $25^\circ\text{C} = 0,890 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$

Maka, bilangan Reynold (Re):

$$Re = V \cdot d$$

$$Re = 2,144\text{ m/s} \cdot 0,0381\text{ m}$$

$$Re = 917,824$$

Menentukan bilangan Nusselt:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^n$$

Dimana:

Nu = bilangan Nusselt

Re = bilangan Reynold = $917,82$

Pr = bilangan Prandtl $Pr = 6,17$,

pada temperatur 25°C $n = 0,4$ untuk pemanasan, karena dinding lebih panas dari fluida yang mengalir Maka, nilai bilangan Nusselt (Nu): $Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^n$

$$Nu = 0,023 \cdot (917,82^{0,8}) \cdot 6,17^{0,4}$$

$$= 11,17$$

Menentukan koefisien perpindahan panas konveksi (h):

$$h = \frac{Nu \cdot k}{d}$$

Dimana:

h = koefisien perpindahan panas konveksi $W/m^2 \cdot K$

Nu = bilangan Nusselt = 11,17

k = koefisien konduktivitas panas air
= 0,556 $W/m \cdot K$

d = jarak permukaan *fix cavity plate*
bagian atas ke air
= 66 mm = 0,066 m

Maka, koefisien perpindahan panas konveksi (h):

$$h = \frac{Nu \cdot k}{d}$$

$$h = \frac{11,17 \cdot 0,556 \frac{W}{m} \cdot K}{0,066 m}$$

$$h = 94,09 \frac{W}{m^2} \cdot K$$

Laju perpindahan panas konveksi (q):

$$q = h A (T_w - T_\infty)$$

Dimana:

h = koefisien perpindahan panas konveksi = 310,52 $W/m^2 \cdot K$

A = luas penampang aliran panas $p \times l = 0,82 m \times 0,895 m = 0,734 m^2$ $T_w =$

temperatur rata – rata permukaan pelat atas = $T_1 = 22^\circ C = 295,15 K$

T_∞ = temperatur fluida

= $25^\circ C = 298,15 K$

Maka,

$$q = h A (T_w - T_\infty)$$

$$q = 310,52 \frac{W}{m^2} \cdot K (0,734 m^2) \cdot (295,15 K - 298,15 K)$$

$$q = 310,52 \frac{W}{m^2} \cdot K (0,734 m^2) \cdot 3 K$$

$$q = 683,76 W$$

Jadi, panas yang dipindahkan pada jarak permukaan *fix cavity plate* bagian atas ke air dalam keadaan temperatur *mold* $25^\circ C$ (q) adalah 683,76 W.

Konveksi pada temperatur *mold* $30^\circ C$

Laju perpindahan panas konveksi (q):

$$q = h A (T_w - T_\infty)$$

Dimana:

$A = 0,734 m^2$

$T_w = T_1 = 28^\circ C = 315,15 K$

$$T_{\infty} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$k = 0,556 \text{ W/m. K}$$

$$h = 310,52 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Maka,

$$q = h A (T_w - T_{\infty})$$

$$q = 310,52 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \text{K} (0,734 \text{ m}^2).$$

$$(315,15 \text{ K} - 298,15 \text{ K})$$

$$q = 310,52 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \text{K} (0,734 \text{ m}^2) \cdot 17 \text{ K}$$

$$q = 3874,66 \text{ W}$$

Jadi, panas yang dipindahkan pada jarak permukaan *fix cavity plate* bagian atas ke air dalam keadaan temperatur *mold* 30°C (q) adalah 3874,6 W.

▪ Laju Kalor yang Diserap

Dengan data yang ada pada spesifikasi mesin pendingin *chiller* yang ada dilapangan. Bahwa air yang dialirkan dari mesin pendingin *chiller* mempunyai debit 83 liter/min. *Chiller* yang digunakan mempunyai bak dengan kapasitas 50 L. Piping *connections* yang digunakan untuk inlet 1 inchi, outlet 1 inchi, fan motor yang digunakan sebesar 5 HP, dan thermo control diset pada angka 25°C untuk temperatur *mold* 30°C.

Dari data *chiller* didapatkan : Laju aliran air yang dibutuhkan 1 unit *chiller* adalah :

$$Q_1 = 83 \text{ liter/min} = 4980 \text{ liter/jam}$$

$$= 4,98 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dengan faktor koreksi 20 % sehingga laju aliran air menjadi :

$$Q_1 = 0,2 \times 94,5 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,996 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0002 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Temperatur air masuk chiller} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C} = 308,15\text{K}$$

$$\text{Temperatur air keluar chiller} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15\text{K}$$

Laju kalor yang diserap air pendingin dihitung dengan persamaan :

$$q = \dot{m} \times C_{p\text{air}} \times \Delta T$$

Dimana:

q = laju kalor yang diserap

$$\dot{m} = \text{massa} = Q \times \rho = 0,0002 \text{ m}^3/\text{detik} \times 993,7 \text{ kg/m}^3 = 0,198 \text{ kg/detik}$$

$$C_{p\text{air}} = 4,174 \text{ kJ/kg. K}$$

ΔT = perubahan temperatur

$$\rho = \text{massa jenis } 993,7 \text{ kg/m}^3,$$

pada temperatur 30°C Jadi, laju kalor yang diserap sebesar:

$$q = \dot{m} \times C_{p\text{air}} \times \Delta T$$

$$= 0,198\text{kg/detik} \times 4,174 \text{ kJ/kg. K} \times$$

$$(308,15 \text{ K} - 298,15 \text{ K}) \\ = 8,2645 \text{ kW} = 8264,5 \text{ W}$$

Maka, mesin pendingin *chiller* mampu menerima dan melepaskan kalor sebesar 8264,5 W.

▪ Pembahasan Temperatur leleh plastik terhadap temperatur mold

Dari tabel 1. dan grafik hasil pengujian 3. menunjukkan adanya keterkaitan hubungan antara temperatur leleh plastik pada proses produksi dengan temperatur *mold* yang digunakan terhadap baik tidaknya hasil produksi. Pada saat pengujian I menggunakan parameter setting temperatur leleh plastik sebesar 200°C dan temperatur *mold* sebesar 25°C terjadi cacat produk sebesar 5,87%, parameter settingan pada saat pengujian I ini merupakan settingan yang digunakan dalam proses produksi spakbor depan sepeda motor sebelum dilakukan penelitian. Pada saat pengujian II menggunakan parameter setting temperatur leleh plastik sebesar 220°C dan temperatur *mold* sebesar 25°C terjadi cacat produk sebesar 6,27%. Dan pada pengujian ini, produk yang cacat lebih banyak dari pengujian lainnya.

Pada saat pengujian I dan II sering terjadi jenis cacat produk seperti *flow mark*, *flashing* dan *short mold* yang kadang disertai dengan tertinggalnya material plastik di *sprue mold cavity*, sehingga harus dikeluarkan secara manual dengan cara memanaskan baut lalu di tusuk ke material yang menyumbat dan mencabutnya dengan tang kemudian proses produksi bisa dimulai kembali setelah *sprue mold cavity* tidak tersumbat, proses tersebut bisa mengakibatkan waktu produksi terganggu. *Short mold*, *flashing* dan *flow mark* ini kemungkinan terjadi akibat dari material plastik cair mengalami pembekuan yang cepat di dalam *mold* yang didinginkan menggunakan *chiller*, sehingga penyebaran material plastik mengeras sebelum mencapai seluruh bagian *mold* kemudian sebagian material plastik yang mengeras tersebut ada yang tertinggal di *sprue mold cavity* dan akibatnya terjadi penyumbatan dan dalam pengujian ini *flashing* yang terjadi cukup lebar bisa juga diakibatkan kurangnya *pressure clamping mold* pada mesinnya, hal ini bisa diatasi dengan cara menyetting *pressure clamping* sesuai dengan kebutuhan.

Pada saat pengujian III menggunakan parameter setting temperatur leleh plastik sebesar 200°C dan temperatur *mold* sebesar 30°C terjadi cacat produk sebesar 6,06 %, pada pengujian IV menggunakan parameter setting temperatur leleh plastik sebesar 220 °C dan temperatur *mold* sebesar 30°C kegagalan produk yang terjadi sebesar 5,78 %. Pada saat pengujian III dan IV ini jenis cacat produk yang terjadi diantaranya *flashing* dan *short mold*. Cacat produk yang terjadi mulai berkurang pada pengujian ini, namun pada temperatur leleh plastik sebesar 200°C masih cukup banyak cacat produknya, *short mold* yang terjadi kemungkinan akibat dari material plastik cair masih mengalami pembekuan cukup cepat sehingga saat material plastik cair yang diinjeksikan ke dalam *mold* mengalami pembekuan cukup

cepat karena temperatur pada *mold* tersebut dan mengeras sebelum memenuhi seluruh bagian *mold* dan *flashing* masih terjadi namun tidak terlalu lebar.

Pada saat pengujian V menggunakan parameter setting temperatur leleh plastik sebesar 200°C dan temperatur *mold* sebesar 35°C kegagalan produk yang terjadi sebesar 5,24 %, pada saat pengujian VI menggunakan parameter setting temperatur leleh plastik sebesar 220°C dan temperatur *mold* sebesar 30°C cacat produk yang terjadi sebesar 4,68 %. Cacat produk mulai terlihat penurunannya yang cukup besar pada pengujian VI ini, dan settingan ini bisa digunakan sebagai acuan untuk produksi

Adapun jenis cacat produk yang terjadi pada pengujian V dan VI ini diantaranya *flashing*, *short mold* dan *black spot*.

Dalam setiap pengujian produk yang termasuk dalam kategori baik pada semua pengujian ini mengalami *flashing*, namun itu dapat dihilangkan dengan menambahkan 1 proses lagi yaitu pembuangan *flashing* tersebut (buang geram) untuk *finishing*. Dari hasil pengujian tersebut diketahui bahwa ada hubungan korelasi antara temperatur leleh plastik dengan temperatur *mold* yang digunakan, yang mengakibatkan terjadinya cacat produk pada spakbor sepeda motor.

▪ **Temperatur chiller terhadap temperatur mold**

Karena Pendinginan *mold* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya cacat produk. Penggunaan media pendingin untuk pendinginan *mold* di PT. XYZ yaitu dengan menggunakan mesin pendingin *water chiller*. Pada saat pengujian ke I dengan temperatur leleh plastik sebesar 200°C untuk mendapatkan temperatur *mold* sebesar 25°C *chiller* diset pada angka 25 °C dan temperatur produknya rata-rata sebesar 56°C. Dan pada pengujian ke II dengan temperatur leleh plastik sebesar 220°C untuk mendapatkan temperatur *mold* sebesar 25°C *chiller* diset pada angka 20 °C dan temperatur produknya rata-rata sebesar 58°C. Kemudian pada saat pengujian ke III dengan temperatur leleh plastik sebesar 200°C untuk mendapatkan temperatur *mold* sebesar 30°C *chiller* diset pada angka 30 °C dan temperatur produknya rata-rata sebesar 50°C. Dan pada saat pengujian ke IV dengan temperatur leleh plastik sebesar 220°C untuk mendapatkan temperatur *mold* sebesar 30°C *chiller* diset pada angka 25 °C dan temperatur produknya rata-rata sebesar 53°C. Kemudian pada saat pengujian ke V dengan temperatur leleh plastik sebesar 200°C untuk mendapatkan temperatur *mold* sebesar 35°C *chiller* diset pada angka 32°C dan temperatur produknya rata-rata sebesar 52°C. Pada saat pengujian ke VI dengan temperatur leleh plastik sebesar 220°C untuk mendapatkan temperatur *mold* sebesar 35°C *chiller* diset pada angka 28°C dan temperatur produknya rata-rata sebesar 55°C terjadi cacat produk paling sedikit. Dan settingan temperatur *chiller* untuk mendinginkan temperatur *mold* yang paling tepat terjadi pada temperatur 28°C, sehingga kondisi settingan ini dapat dipakai sebagai acuan produksi spakbor sepeda motor selanjutnya. Dan untuk mempertahankan

temperatur *chiller* ini, dari analisis perhitungan *chiller* dapat diketahui bahwa mesin pendingin *chiller* mampu menerima dan melepaskan kalor sebesar 8264,5 W.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, pengujian dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini maka dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut :

- Faktor penyebab cacat produk yaitu hubungan antara temperatur leleh plastik sebagai bahan baku dengan temperatur *mold* yang digunakan.
- Persentase cacat produk terbanyak terjadi pada parameter setting temperatur leleh plastik 220°C dengan temperatur *mold* 25°C yaitu sebesar 6,27 %.
- Dengan menggunakan parameter setting temperatur leleh plastik sebesar 220°C dan temperatur sebesar *mold* 35°C dapat mengurangi kegagalan produk hingga 1,19 % dari parameter setting yang sering digunakan sebelumnya yaitu temperatur leleh plastik sebesar 200°C dan temperatur sebesar *mold* 25°C.
- Untuk mempertahankan temperatur *mold* sebesar 35°C dengan temperatur leleh plastik sebesar 220°C, settingan temperatur *chiller* yang tepat terjadi pada 28°C, dan mesin pendingin *chiller* mampu menerima dan melepaskan kalor sebesar 8264,5 W.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhari, M. C., & Pribadi, E. R. (2020). *Analisis Faktor Penyebab Kegagalan Produk Box Mapela Hasil Mesin Injeksi Plastik*. Bandung: Isu Teknologi STT Mandala .
- PERMADI, R. (2020). *Simulasi Injeksi Molding Untuk Pembuatan Produk Plastik (Gelas Plastik) Dengan Software Inventor*. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi Akprind.
- Supriyanto, J. (2013). *Simulasi Numerik Perpindahan Panas 2 Dimensi Pada Proses Pendinginan Tembaga Murni Dengan Variasi Cetakan Pasir Dan Mullite Menggunakan Pendekatan Beda Hingga*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Yulianto, I., Rispiandra, & Prasetyo, H. (2014). *Rancangan Desain Mold Produk Knob Regulator Kompor Gas Pada Proses Injection Molding*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.