

# ANALISIS CETAKAN INJEKSI PLASTIK IMPELLER POMPA AIR PADA KAPAL NELAYAN APLIKASI CAD/CAE/CAM

**Nur Indah dan Ibnu Arrifin**

Universitas Mercu Buana Jakarta

e-mail: [nur.indah@mercubuana.ac.id](mailto:nur.indah@mercubuana.ac.id), [arrifine619@gmail.com](mailto:arrifine619@gmail.com)

**Abstract:** *Most of the fishermen in Indonesia, using pumps to drain water in the ship. The use of pumps in sea water often lead to rapid corrosion, especially on the impeller. Impeller manufacture of plastic materials is an alternative to solve this problem. Stages in the designing mould of plastic impeller is with 3D and 2D drawing, choose a suitable polymer material, making mold of product, selecting components of mold and simulating the result. In designing mould of plastic impeller used software to simulate the plastic mould with mould parameters plastic inserts to get the best results before the completion of production. As for plastic injection machine that is used to clamp force 1000 ton capacity with 8 pieces in each injection products and using nylon material, 281,1°C temperature parameters, 62 sec of cycle time and 80,552 MPa pressure.*

**Keywords:** *Plastic Molding, Injection Process, Plastic Impeller, CAD/CAE/CAM Software.*

## PENDAHULUAN

Pompa adalah alat untuk memindahkan fluida cair yang sering digunakan nelayan untuk menguras air yang masuk kedalam kapal. Sebagian besar nelayan menggunakan pompa sentrifugal tipe CP100 karena kebutuhan kapasitas yang tidak terlalu besar. Korosi adalah masalah utama yang sering terjadi karena penggunaan pompa pada air laut. Pompa yang rusak hanya mengalami kerusakan pada bagian impeller dan cukup menggantikannya dengan impeller yang baru untuk memperbaikinya. Namun, *spare part* untuk menggantikannya sangat sulit ditemukan di pasaran dan akhirnya mereka harus membeli satu set atau membeli pompa yang baru [1].

Pompa air yang digunakan saat ini, banyak menggunakan impeller dengan bahan kuningan atau stainless karena lebih tahan korosi dan tahan aus tetapi harga dari bahan kuningan umumnya cukup mahal. Alternatif lain, digunakan impeller dari bahan polimer yang tidak korosif dan tahan aus namun belum ada perusahaan lokal yang memproduksinya dan harus import dengan harga masih relatif mahal.

Seiring perkembangan teknologi, program-program desain sudah banyak digunakan *engineer* dalam membuat suatu rancangan untuk memenuhi kebutuhan dan menganalisis masalah yang terjadi di lapangan. Teknologi desain dengan basis CAD (*Computer Aided Design*), CAE (*Computer Aided Engineering*) dan CAM (*Computer Aided Manufacture*) saat ini digunakan hampir di setiap industry [2]. Pemanfaatan teknologi ini untuk perancangan cetakan injeksi plastik dalam pembuatan impeller plastik sangat diperlukan untuk mendapatkan desain rancangan dan parameter pengerjaan yang optimal. Dalam hal ini, proses menentukan rancangan cetakan injeksi plastik dilakukan dengan simulasi *flow injection* pada *software* dengan berbagai faktor pertimbangan.

Harapan yang ingin dicapai dengan memanfaatkan teknologi ini yaitu meminimalkan kesalahan dalam proses produksi impeller dan sebagai alternatif untuk memudahkan dan mengurangi biaya pembelian impeller pompa plastik yang masih *import* dan dapat bersaing dengan produk sejenis yang dihasilkan pihak lain.

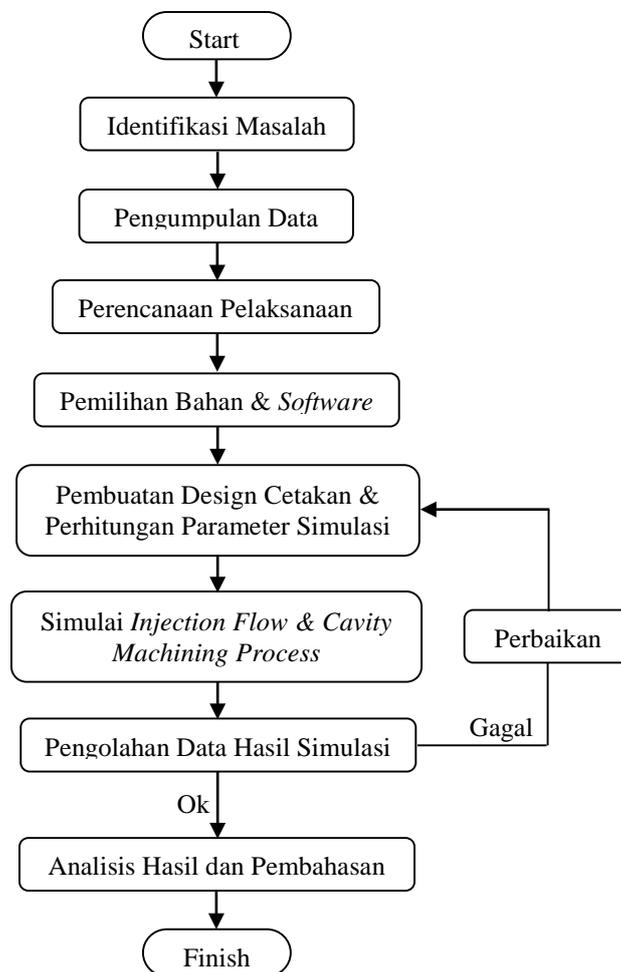
## METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

### Pemilihan Bahan Polimer

Pada penelitian ini, proses perancangan diawali dengan pemilihan bahan polimer dengan metode pengujian bahan plastik menurut standar ASTM (*American Standard Testing Methode*), yang mana prinsip dari pengujian ini adalah dengan memberikan beban gaya yang berlawanan arah

pada kedua ujung specimen bahan material yang diuji, sehingga kekuatan dari bahan yang diuji dapat diketahui [3]. Setelah melihat hasil dari pengujian beberapa bahan polimer maka diambil satu bahan yang paling cocok sesuai kebutuhan yaitu bahan nilon PA66 dengan hasil pengujian seperti Tabel 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tabel 1. Hasil pengujian nilon PA66

Metode	Hasil Uji
<i>Tensile Strength</i>	30 – 50 MPa
<i>Flexural Modulus</i>	897 – 4138 MPa
<i>Izod Impact Strength</i>	105 – 640 J/m
<i>Hardenes</i>	75 – 120 R Scale

### Desain Produk

Pada dasarnya, pembuatan desain produk impeller mengacu pada produk yang sudah ada hanya saja digambar ulang dengan dimensi dan visual yang sama dengan menggunakan *software* AutoCAD.

### Perhitungan Volume dan Massa Siklus

Perancangan ini digunakan proses *part fill analysis* pada Autodesk Inventor didapatkan hasil volume produk ( $V_p$ ) adalah 12877,7 mm<sup>3</sup>. Autodesk Inventor merupakan sebuah program dengan kemampuan pemodelan 3D solid untuk proses pembuatan objek prototipe 3D secara visual,

simulasi, dan *drafting* beserta dokumentasi data-datanya, Dalam penelitian ini akan merumuskan metode dan prosedur pembuatan gambar 3D dengan menggunakan *Autodesk Inventor* dan menganalisis hasil produk dari model konstruksi 3D yang telah dibuat [4] yaitu:

Jumlah *cavity*: 8 pc

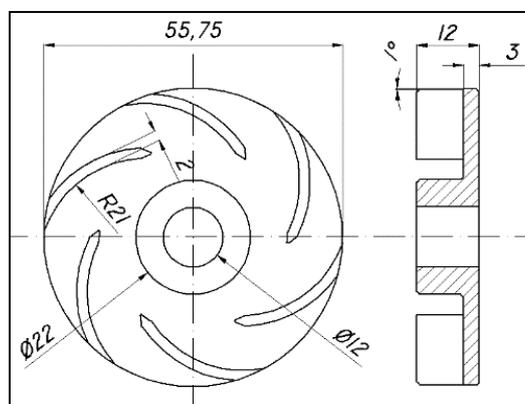
Massa jenis Nylon (PA66): 1150,9 gr/mm<sup>3</sup>

Volume total sekali injeksi

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_{\text{prod}} + V_{\text{sprue}} + V_{\text{runner}} + V_{\text{gate}} \\ V_{\text{tot}} &= 103021,6 + 13417,9 + 10039,16 + 196 = 126674,7 \text{ mm}^3 \\ &= 126,674 \text{ cm}^3 \end{aligned} \quad (1)$$

Massa total produk sekali injeksi,

$$\begin{aligned} m &= V_{\text{tot}} \times \rho(\text{PA66}) \\ &= 126,674 \times 1,1509 \\ &= 145,8 \text{ gram} = 0,146 \text{ kg} \end{aligned} \quad (2)$$



Gambar 2. Dimensi produk

### Perhitungan Gaya Klem Mesin

Pada sebuah mesin yang sudah ada pencekaman material masih menggunakan klem dan mur baut yang menimbulkan kerusakan permukaan material, selain itu pembuatan lubang baut tidak efisien dan posisi klem dapat menimbulkan tabrakan dengan pisau potong [5], maka dengan itu perlu untuk melakukan perhitungan gaya klem dari sebuah mesin. Material yang digunakan untuk pembuatan *core cavity* adalah material baja H-13 dengan tegangan yang diijinkan  $5 \text{ ton/in}^2 = 7,75 \text{ kg/mm}^2$ .

$$\begin{aligned} \text{Gaya klem mesin [7]} &= (A_{\text{Produk}} + A_{\text{Runner}}) \times \sigma \\ &= (77.616,4 + 15,119) \times 7,75 \text{ kg/mm}^2 \\ &= 601.650 \text{ kg} \end{aligned} \quad (3)$$

Dengan:

A = Luas Proyeksi (mm<sup>2</sup>) dan

$\sigma$  = Tegangan ijin (kg/mm<sup>2</sup>)

Maka, mesin injeksi yang digunakan adalah tipe AD-1000 dengan gaya klem sebesar 1000 ton = 1.000.000 kg.

### Waktu Sekali Injeksi

Unit untuk melakukan kontrol kerja dari *Injection Molding*, terdiri dari Motor untuk menggerakkan *screw*, piston injeksi menggunakan *Hydraulic system* (sistem pompa) untuk mengalirkan fluida dan menginjeksi resin cair ke *molding* [6]. Waktu yang diperlukan untuk sekali

siklus injeksi yaitu *Injection High Time* + *Injection Hold Timer* + *Cooling Time* + *Machine Clamp Open and Close Time*.

Dari hasil simulasi injeksi dan mesin injeksi yang digunakan, didapatkan hasil data sebagai berikut:

- Tipe mesin = AD-1000
- Diameter *screw* (*d*) = 105 mm
- *Ejection stroke* (*E*) = 300 mm
- Volume sekali injeksi ( $V_p$ ) = 126674,7 mm<sup>3</sup>
- Aktual waktu injeksi (*t*) = 1,46 detik (*mold fill analysis*)

Maka debit cairan plastik ( $\tilde{v}$ ) yang masuk ke dalam cetakan adalah:

$$\tilde{v} = \frac{V_p}{t} \quad (4)$$

$$\tilde{v} = \frac{126674,7}{1,46} = 86.763,5 \text{ mm}^3/\text{detik}$$

$$A_{scr} = \frac{\pi}{4} \times d^2 \quad (5)$$

$$= \frac{\pi}{4} \times 105^2 = 8.659,01 \text{ mm}^2$$

$$\tilde{v} = q \times A_{screw} \quad (6)$$

maka,

$$q = \frac{\tilde{v}}{A_{screw}}$$

$$q = \frac{86763,5}{8659,01} = 10,02 \text{ mm/detik}$$

$$t_i = \frac{\text{Ejection Stroke (E)}}{q} \quad (7)$$

$$t_i = \frac{300}{10,02} = 29,94 \text{ detik}$$

dimana,

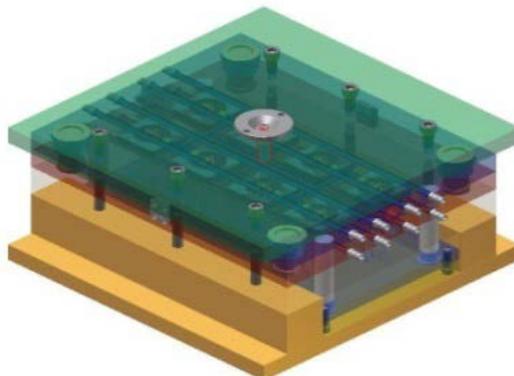
*q* = kecepatan screw (mm/detik)

*t<sub>s</sub>* = waktu injeksi (detik)

*Injection hold timer* diperlukan agar *gate* seluruhnya membeku. Biasanya diambil 10 (detik) atau lebih. *Machine clamp open and close time* untuk jenis cetakan *two plate* adalah 5 detik. Hasil rekomendasi *software*, *cooling time* dengan bahan nilon cukup adalah 16,96 detik. Sehingga waktu 1 kali siklus yaitu:

$$t_{siklus} = 29,94 + 10 + 5 + 16,96 = 61,9 = 62 \text{ detik}$$

## Desain Cetakan



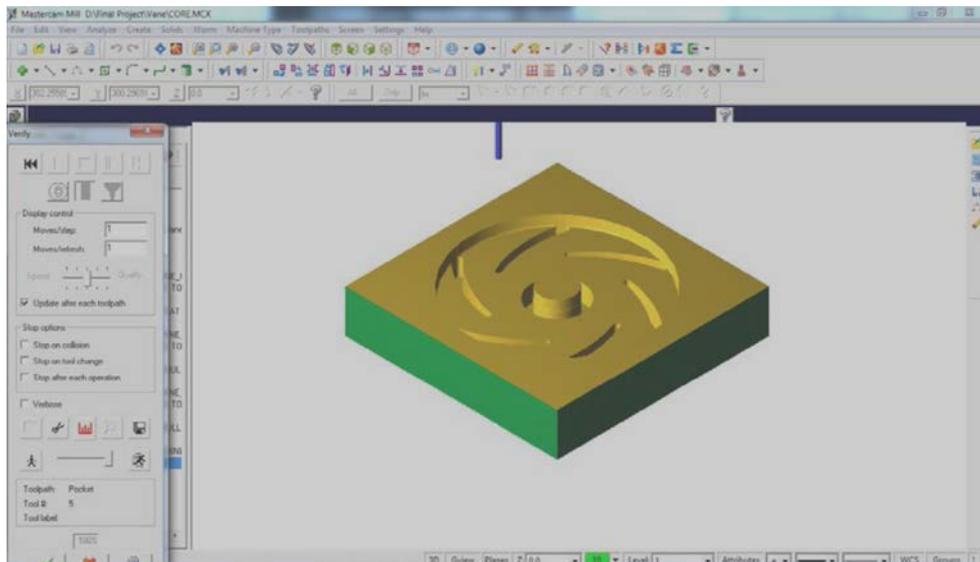
Gambar 3. Hasil desain cetakan

Hasil dari desain cetakan menggunakan komponen-komponen standar *moldbase* yang tersedia pada *software* Autodesk Inventor dengan keterangan hasil sebagai berikut:

- *Moldbase two plate* standar HASCO K251
- 8 *core* & 8 *cavity*
- *Runner system H Balance*
- 8 lubang pendingin langsung diameter 12 mm
- 71 *ejector pins* (64 produk & 7 *runner system*)
- Total dimensi 370 x 450 x 550 mm

### Perhitungan Proses Pemesinan

Proses perhitungan waktu pemesinan untuk pembuatan *core* dan *cavity* digunakan *software* MasterCAM X5. *Software* ini mensimulasikan proses pemesinan dengan hasil berupa *NC Code* untuk *input* pada mesin CNC.



Gambar 4. Simulasi proses pengerjaan *core cavity insert*

Perhitungan proses pemesinan komponen lain meliputi proses *milling*, *boring*, *grinding*, *finishing*, *assembling*, dan *quality*.

Perhitungan waktu pemesinan *core plate*

Ukuran : 555 x 455 x 45 mm

Bahan : S 50 C

a. Waktu pengerjaan *milling*

Kecepatan pemakanan (s) = 20 mm/menit

Tebal pemakanan benda (t) = 5 mm

Tebal pemakanan (a) = 0,5 mm

Jarak bebas cutter (la) = 10 mm

$$L = l + d + 2.la$$

$$L_1 = 2 \cdot (550 + 25 + 2 \cdot 10) = 1190 \text{ mm}$$

$$L_2 = 2 \cdot (450 + 25 + 2 \cdot 10) = 990 \text{ mm}$$

Jumlah pemakanan (i) =  $\frac{5}{0,5} = 10$  kali (2 sisi)

Panjang langkah total

$$L = 2180 \times 10 = 21800 \text{ mm}$$

(8)

$$T_m = \frac{L}{s} \quad (9)$$

$$T_m = \frac{21800}{20} = 1090 \text{ menit}$$

b. Waktu pengerjaan *boring*

Pengeboran dengan *drill* Ø5 mm sedalam 35 mm di 22 titik

$S_v = 0,15$  mm/putaran

$V = 6$  m/menit

$L = 1 + 0,3 \cdot d$

$L = 35 + 0,3 \cdot 5 = 36,5$  mm

$$T_m = \frac{L \cdot \pi \cdot d}{S_v \cdot V \cdot 1000} \quad (10)$$

$$T_m = \frac{36,5 \cdot \pi \cdot 5}{0,15 \cdot 6 \cdot 1000} = 0,64 \text{ menit}$$

Karena total 22 maka menjadi 14,01 menit

c. Waktu pemesinan *grinding*

Panjang penggerindaan benda ( $l$ ) = 550 mm

Lebar penggerindaan benda ( $b$ ) = 450 mm)

Tebal total penggerindaan ( $h$ ) = 0,4 mm

Tebal penggerindaan ( $t$ ) = 0,1 mm

Lebar pemakanan ( $s$ ) = 50 mm/langkah

Kecepatan potong ( $V$ ) = 10 m/menit

Jumlah langkah pemakanan,

$$x = \frac{550}{50} = 11 \text{ langkah} \times 4 = 44 \text{ kali}$$

$$T_m = \frac{l \cdot b \cdot x}{V \cdot 1000 \cdot s} \quad (11)$$

$$T_m = \frac{550 \cdot 450 \cdot 44}{10 \cdot 1000 \cdot 50}$$

$$T_m = 21,78 \text{ menit}$$

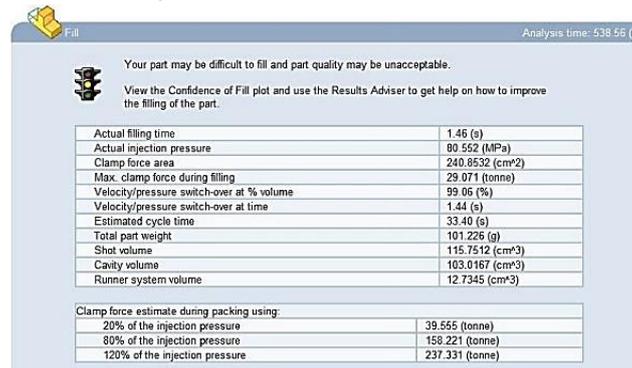
Dari hasil perhitungan di atas dengan persamaan yang sama maka didapat hasil waktu pemesinan cetakan seperti Tabel 2.

Tabel 2. Waktu pemesinan komponen cetakan.

No	Komponen	Qty	Waktu Kerja Mesin (menit)				K
			F	BK	G	CNC	
1	<i>Cavity Plate</i>	1	2276	259	92	-	15
2	<i>Cavity Insert</i>	8	572	190	87	2143	15
3	<i>Core Plate</i>	1	2968	259	91	-	10
4	<i>Core Insert</i>	8	572	186	87	59	10
5	<i>Ejector Retainer Plate</i>	1	345	154	62	-	10
6	<i>Spacer Block</i>	2	256	84	29	-	10
7	<i>Ejector Plate</i>	1	545	159	32	-	10
8	<i>Clamping Plate Upper</i>	1	286	195	108	-	10
9	<i>Clamping Plate Support</i>	1	286	141	108	-	10
10	<i>Support Plate</i>	1	186	141	88,4	-	10

## PEMBAHASAN

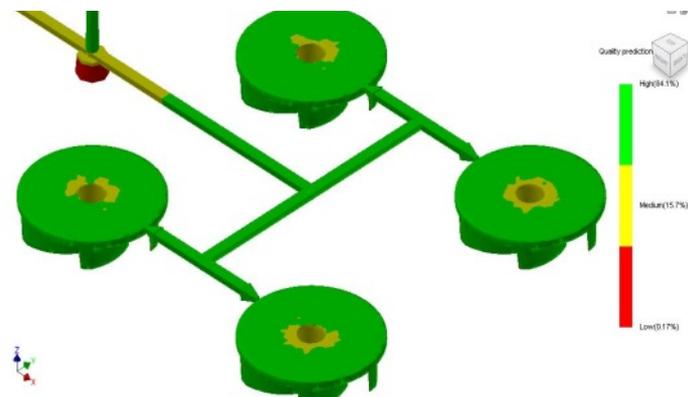
### Analisis Hasil Simulasi Cetakan *Software*



Gambar 5. Ringkasan hasil simulasi *software*.

Hasil penginjeksian yang baik dapat dilihat pada layar yaitu berdasarkan warna pada produk. Untuk melihat data hasil penginjeksian dapat dilihat pada *file mold fill analysis*.

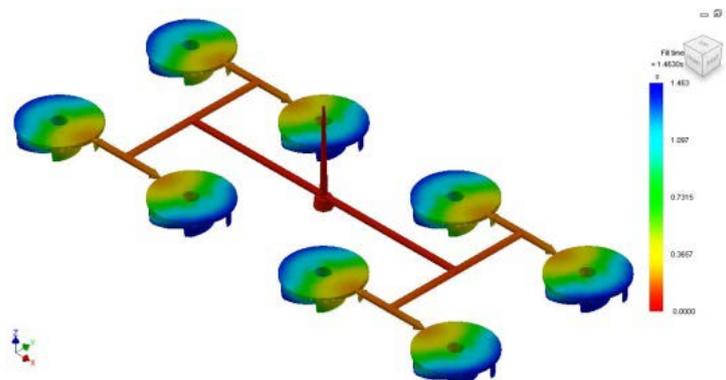
#### 1. Kualitas Produk



Gambar 6. Warna hasil kualitas produk

Pada layar terdapat warna hijau (*high*) yang merupakan kualitas tinggi yaitu 70-95%, kuning (*medium*) kualitas sedang 40-69% dan merah (*low*) untuk kualitas rendah 0,17-39%. Dalam menganalisa kualitas produk dapat diketahui dengan melihat warna yang timbul pada produk dan keterangan prosentase pada layar [8-10]. Hasil di atas menunjukkan bahwa produk sebagian besar memiliki warna hijau dengan kualitas 90% dan pada tengah terdapat warna kuning 60% maka dapat disimpulkan bahwa produk memiliki kualitas tinggi rata-rata 75%.

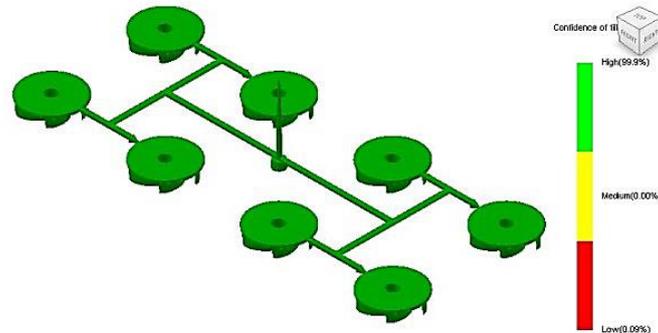
#### 2. Waktu Pengisian



Gambar 7. Warna waktu injeksi plastik.

Pada layar terdapat kombinasi warna dari merah 0 detik sampai biru tua 1,46 detik. Melihat dari keterangan indikasi gambar, keseimbangan waktu pengisian pada ujung cetakan terisi penuh dengan warna biru tua pada 1,46 detik dan setelah itu memerlukan waktu 5 detik untuk proses pendinginan sebelum cetakan dibuka.

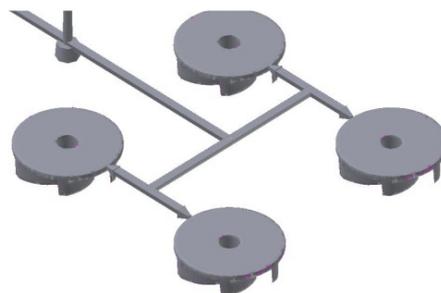
### 3. Keseimbangan Pengisian



Gambar 8. Keseimbangan injeksi plastik

Pada gambar di atas dapat dilihat untuk warna pada keseimbangan pengisian dari low 0,00%, medium 0,00%, dan high 99,9%. Warna hijau menunjukkan bahwa pengisian pada rongga cetakan telah terisi penuh 99,9% dapat dilihat dari mulai masuk *sprue* 99,9% hingga titik bawah rongga cetakan yang berarti menunjukkan sistem pengisian sudah optimal.

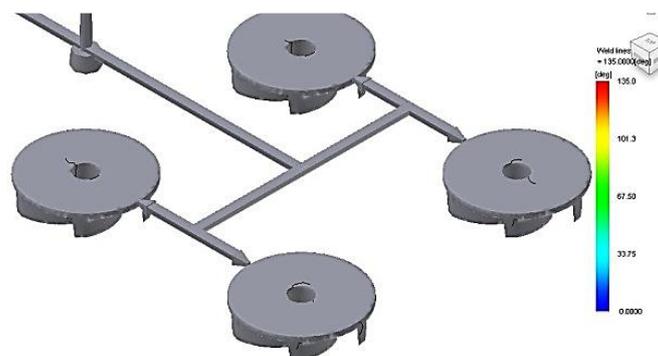
### 4. Air Traps



Gambar 9. Udara terjebak pada rongga cetakan

Hasil dari *mold fill analysis* dapat juga digunakan untuk mengetahui letak udara yang terjebak (*Air traps*) pada rongga cetakan [11]. Titik-titik berwarna merah muda pada gambar merupakan udara-udara yang terjebak dengan rata-rata ukuran diameter *air traps* yaitu 0,5 mm. Dalam hal ini masih dalam batas toleransi 0,2 - 0,8 mm untuk luas penampang produk 2000-3000 mm dan dapat diantisipasi dengan ventilasi (*vent*) pada *cavity insert*.

### 5. Garis Retakan



Gambar 10. Garis retakan pada produk

Adanya lokasi garis retakan pada bagian produk menunjukkan bahwa produk belum semuanya sempurna. Warna biru sampai merah menunjukkan besarnya garis retakan pada produk yaitu 0° sampai dengan 135° dengan batas toleransi untuk mendapatkan kualitas produk yang baik yaitu 67,5 [13-14]. Melihat gambar diatas dapat dilihat warna garis retakan rata-rata berwarna biru muda 30° hingga biru tua 10°. Maka rata-rata garis retakan yang timbul yaitu 20°.

### Analisis Biaya dan Harga Impeller

Produksi impeller diprediksikan bertahan 1 tahun dikarenakan kemungkinan perbaikan model. Maka, Biaya total yang dikeluarkan dalam 1 tahun produksi adalah seperti pada Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Total biaya produksi

Jeis Biaya	Total Biaya (Rp)
Biaya proses pemesinan	32.636.600
Biaya Komponen Standar	4.442.507
Biaya Materia Cetakan	12.885.340
Biaya Bahan Baku Plastik	337.174.731
Biaya Jasa Proses Injeksi	431.250.000
<i>Overhead</i>	50.000.000
Lain-lain	30.000.000
Total	898.391.178

Maka, harga per unit impeller bisa ditentukan sebagai berikut,

$$\text{Harga per unit} = \frac{\text{Total biaya 1 tahun}}{\text{Total produk dalam 1 tahun}}$$

Total produk 1 tahun jika diasumsikan per bulan 20 hari kerja dan 8 jam per hari maka, total produk 1 tahun yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Total produk 1 tahun} &= 1 \text{ siklus} \times 8 \text{ produk} \times 8 \text{ jam} \times 20 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan} \\ &= (58 \times 8 \times 7 \times 20 \times 12) = 779.520 \text{ pc} \end{aligned}$$

Prediksi cacat produk (*reject*) adalah 5% jadi,

$$\begin{aligned} &= 779.520 - (779.520 \times 5\%) \\ &= 740.544 \text{ pc} \end{aligned}$$

Asumsi target = 750.000 pc

$$\begin{aligned} \text{Harga per unit} &= \frac{\text{Rp } 868.391.178,-}{750.000 \text{ pc}} \\ &= \text{Rp } 1.158,- \text{ per unit} \end{aligned}$$

Dari harga tersebut bisa dapat diasumsikan impeller tersebut dijual dengan harga Rp 5.000,- s/d Rp 10.000,- masih jauh lebih murah dari harga impeller *import*.

### SIMPULAN

Hasil penelitian dari keseluruhan proses perancangan cetakan, simulasi dan pembahasannya pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain perancangan cetakan dan parameter pengerjaan cetak injeksi pembuatan impeller plastik ini menggunakan bahan polimer nilon PA66 dengan desain *moldbase* menggunakan cetakan *two plate* HASCO K251 dan parameter volume sekali injeksi 126.674 mm<sup>3</sup>, tekanan injeksi 80,552 Mpa, suhu cairan plastik 281,1°C, suhu cetakan 71,1°C, gaya *clamping* 601.650 kg, kapasitas produksi 58 *piece* per jam.
2. Harga per unit impeller plastik yaitu Rp. 1.158,- jika dijual dengan harga berkisar Rp. 5.000 – 10.000,- masih lebih murah 50-70% dibandingkan dengan impeller plastik *import*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hariady, S. (2014). *Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal 53-101C WTU Sungai Gerong di PT. Pertamina RU III Plaju*. Jurnal Desiminasi Teknologi, 29-42.
- [2] Saputra, H. (2012). *Studi Perancangan Struktur Rangka Bus Menggunakan CAD/CAE*. Jurnal Teknik Mesin Volume 5 No. 1, 40-47.
- [3] Mulyadi. (2016). *Pengaruh Model Speciment Uji Tarik pada Pengelasan Besi Fc-30 di Lihat dari Kekuatan Tarik Pengelasan*. Jurnal Rekayasa Energi Manufaktur. Vol 1 No 2 ISSN 2528-3723, 29 – 36
- [4] Manfaat, D., & Jahidin, S. (2013). *Rancang Bangun 3D Konstruksi Kapal Berbasis Autodesk Inventor untuk Menganalisa Berat Konstruksi*. Jurnal Teknik Pomits Vol. 2, No. 1, ISSN: 2337-3539.
- [5] Yogi Setiawan, Faiz Hamzah, Fipka Bisono. (2018), *Rancang Bangun Vacuum Clamp sebagai Teknologi Pendukung dalam Pengerjaan Kayu pada Mesin Cnc Router 3 Axis*, Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, e-ISSN No.2654-8631, 123-127
- [6] R. A Malloy, *Palstic Part Design for Injection Molding – An Introduction*, Hanser Gardner Publications, Cincinnati, Ohio; 1994
- [7] Dym. (1979). *Injection Mould and Moulding a Practical Manual*. New York: Von Nonstran Co Inc.
- [8] Fouz, I. (2001). *Fluids Mechanics*. Oxford: Mechanical Engineering Dept. University of Oxford.
- [9] Gastrow. (1983). *Injection Mould: 102 Proven Design*. New York: MacMillan Publishing Co Inc.
- [10] Handayani, D. (2005). *Computer Aided Design/Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]*. Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK, 143-149.
- [11] Irwan Yulianto, R. H. (2014). *Rancangan Desain Mold Produk Knob Regulator Kompor Gas Pada Proses Injection Molding*. Institut Teknologi Nasional.
- [12] Johannaber, F. (1983). *Injection Molding of Machines: A User's Guide*. New York: MacMillan Publishing Co Inc.
- [13] Manfaat, D., & Jahidin, S. (2013). *Rancang Bangun 3D Konstruksi Kapal Berbasis Autodesk Inventor untuk Menganalisa Berat Konstruksi*. Jurnal Teknik Pomits Vol. 2, No. 1, ISSN: 2337-3539.
- [14] Saputra, H. (2012). *Studi Perancangan Struktur Rangka Bus Menggunakan CAD/CAE*. Jurnal Teknik Mesin Volume 5 No. 1, 40-47.