

PERANCANGAN CETAKAN *SAFETY GLASSES FRAME* DENGAN MEMODIFIKASI CETAKAN TIDAK TERPAKAI DI POLITEKNIK MANUFaktur ASTRA

Eko Ari Wibowo¹, Agung Kaswadi² dan Suroto³

Pembuatan Peralatan dan Perkakas Produksi, Politeknik Manufaktur Astra, JL. Gaya Motor Raya No. 8
Sunter II Jakarta 14330 Telp. (021) 651 9555 ext. 2880 Fax. (021) 651 9821

E-mail : eko.ariwibowo@polman.astra.ac.id¹, agung.kaswadi@polman.astra.ac.id²,
suroto@polman.astra.ac.id³

Abstrak - Politeknik Manufaktur Astra memiliki dua puluh dua unit cetakan yang digunakan untuk proses cetak injeksi plastik. Cetakan tersebut berasal dari unit cetakan untuk produksi masal. Kondisi saat ini, tujuh dari total unit cetakan yang tersedia sudah tidak digunakan untuk produksi masal, karena produk yang dihasilkan sudah tidak digunakan lagi. Hal ini menjadikan cetakan tersebut tidak produktif. Di lain pihak, UPT Manufaktur Dua mempunyai empat proyek. Salah satunya yaitu proyek *safety glasses*, dimana proyek tersebut belum bisa terealisasi karena tidak adanya cetakan *sub assy* dari komponen *frame*. Hal ini dikarenakan belum adanya rancangan dari cetakan komponen tersebut. Oleh karena itu, akan dirancang cetakan komponen tersebut dengan memodifikasi cetakan yang tidak terpakai (*reused mold*) tapi masih memiliki spesifikasi material yang memungkinkan untuk dilakukan proses perancangan dan pemesinan. Dengan batasan material, mesin dan peralatan yang tersedia di Polman Astra, sehingga dalam merancang perlu mempertimbangkan batasan-batasan tersebut. Pada penelitian ini dibahas rancangan dan perhitungan konstruksi cetakan meliputi: *cavity layout*, *undercut mechanics*, *ejection system*, *cooling system*, *runner* dan *gate system* serta hasil simulasi produk menggunakan simulasi *moldflow* untuk mengetahui potensi cacat yang terjadi. Setelah rancangan konstruksi cetakan *safety glasses frame* dibuat dan disimulasikan hasilnya minimum cacat. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan ke proses pemesinan.

Kata Kunci : *Safety glasses, safety glasses frame, reused mold*

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Proses pembuatan cetakan perlu perencanaan yang benar, agar produk yang dihasilkan maksimum tapi biaya operasional yang digunakan minimum. Biaya operasional yang digunakan meliputi biaya mold base, proses pembuatan cetakan, harga material polymer dan harga proses injeksi produk. Diantara biaya operasional tersebut, biaya yang digunakan untuk mold base cukup tinggi, hal ini dikarenakan harga baja di dunia dewasa ini semakin meningkat tiap tahunnya. Tetapi ini bisa diminimalisir dengan memanfaatkan kembali cetakan yang sudah tidak dipakai (*reused mold*) untuk dijadikan sebagai mold base, akan tetapi dalam merancang cetakan yang baru perlu memperhitungkan posisi dari komponen-komponen cetakan yang sudah ada.

Polman Astra saat ini memiliki dua puluh dua cetakan, tujuh diantaranya sudah tidak dipakai produksi. Cetakan tersebut bisa dimanfaatkan sebagai mold base untuk rancangan cetakan produk baru. Produk yang saat ini menjadi kebutuhan yaitu produk kacamata pelindung atau sering disebut dengan istilah *safety glasses*. Proyek pembuatan *safety glasses* ini sudah dimulai dengan membuat cetakan glasses yang dijadikan sebagai proyek mahasiswa Program Studi Pembuatan Peralatan dan Perkakas Produksi Semester 4, namun belum adanya rancangan konstruksi cetakan *safety glasses frame* menghambat proyek pembuatan cetakan tersebut.

Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibahas perancangan konstruksi cetakan *safety glasses frame* menggunakan cetakan yang sudah tidak terpakai sekaligus pendekatan simulasi menggunakan *software moldflow* untuk mengetahui potensi cacat yang terjadi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut permasalahan yang terjadi adalah “Bagaimana merancang konstruksi cetakan *safety glasses frame* menggunakan cetakan yang tidak terpakai dan menghasilkan produk dengan potensi cacat minimum?”

1.3 Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini, dalam perancangan cetakan didasarkan pada keadaan di Polman Astra. Sehingga untuk mempermudah dalam merancang maka perlu dibuat batasan sebagai berikut:

1. Material yang digunakan yaitu *polypropylene AP03B*
2. Mesin yang digunakan yaitu Mesin Cetak injeksi *Hwa Chin 160 SE*
3. Pengujian rancangan cetakan menggunakan simulasi *Software Autodesk Moldflow Insight 2010*
4. Tidak membahas analisa pada saluran pendingin (*cooling analysis*)
5. Cacat produk yang dihasilkan berdasarkan hasil menggunakan simulasi *moldflow*

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk membuat rancangan konstruksi cetakan produk *safety glasses frame* menggunakan cetakan yang tidak terpakai dan menghasilkan produk dengan potensi cacat minimum.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Memiliki rancangan cetakan produk *safety glasses frame*
2. Menambah kompetensi dalam merancang cetakan plastik injeksi
3. Menambah referensi perancangan konstruksi cetakan khususnya dengan memanfaatkan cetakan yang sudah tidak terpakai

II. Landasan Teori

2.1 Plastik

Plastik merupakan material yang saat ini memiliki peran penting dikalangan masyarakat. Mulai dari peralatan rumah tangga, peralatan tulis menulis, produk otomotif hingga komponen-komponen pesawat. Material plastik pada saat ini menjadi pilihan utama karena sifatnya yang mudah dibentuk dan harganya yang relatif terjangkau.

Material plastik dibedakan menjadi dua jenis yaitu plastik jenis *thermoplastic* dan plastik jenis *thermosetting*. Jenis plastik *thermoplastic* lebih banyak digunakan di masyarakat karena dapat didaur ulang dan mudah dalam pembentukan pada umumnya, sedangkan jenis plastik *thermosetting* tidak dapat didaur ulang namun pada umumnya digunakan untuk produk-produk yang mengalami pembebanan.

2.1.1 Polypropylene (PP)

Polypropylene Banyak digunakan untuk bahan baku benang, serat-serat atau fiberglass dan komponen otomotif. Tabel 2.1 menunjukkan sifat dari material plastik *polypropylene*.

| General Properties of Generic Unfilled PP Homopolymer | |
|---|----------|
| Specific gravity | 0.90 |
| Tensile modulus @ 73 °F (Mpsi) | 0.17 |
| Tensile strength @ yield (Kpsi) | 4.00 |
| Notch Izod impact @ 73 °F (ft-lb/in) | 0.5–18.0 |
| Thermal limits service temp. (°F) | 212 |
| Shrinkage (%) | 0.5–2.0 |
| Vicat point (°F) | 320 |
| T _m (°F) | 329–338 |
| HDT (°F) @ 264 psi | 120–140 |
| Process temp. (°F) | 390–525 |
| Mold temp. (°F) | 85–175 |
| Drying temp. (°F) | 175 |
| Drying time (h) | 2.0–3.0 |

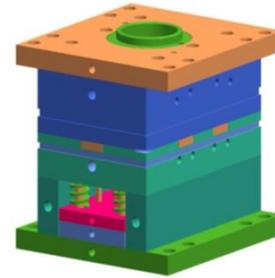
Tabel II. 1 Sifat material plastik *polypropylene* (sumber: *The Complete Design Handbook*, Campo, 2006, h.46)

2.2 Cetakan Plastik Injeksi

Cetakan plastik injeksi adalah suatu peralatan produksi yang merupakan konstruksi mekanik pada umumnya tetapi sering kali ditambah dengan *control hydraulic, pneumatic* dan *electric*. Sehingga dapat dipakai

untuk memproduksi komponen plastik dengan cara diinjeksi menggunakan mesin plastik injeksi (Sudarmawan, 2007). Konstruksi cetakan dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

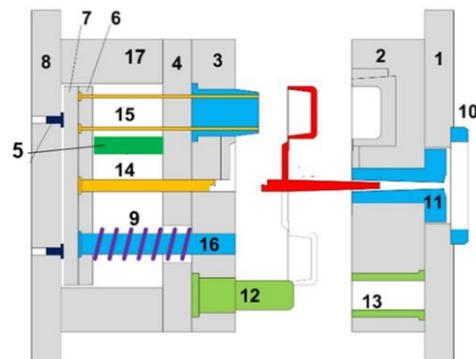
- a. *Standard mold (two-plate molds)*
- b. *Split-cavity molds (split-follower molds)*
- c. *Stripper plate molds*
- d. *Three-plate molds*
- e. *Stack molds*
- f. *Hot-runner molds*



Gambar II. 1 Cetakan plastik injeksi (sumber: Diktat teknologi *plastic injection moulding*, Sudarmawan, 2007)

2.2.1 Konstruksi cetakan *standard two plate*

Secara umum komponen yang ada dalam cetakan hampir sama, yang berbeda hanyalah beberapa bagian tambahan dari cetakan tersebut sesuai dengan fungsinya. Gambar II.2 menunjukkan bagian-bagian cetakan *standard two plate*



Gambar II. 2 Bagian-bagian cetakan *standard two plate*

(sumber: Wijaya Hadi, 2009)

Berikut merupakan konstruksi cetakan *standard two plate*: *Upper plate, cavity plate, core plate, support plate, support pillar, ejector lower plate, ejector upper plate, lower plate, spring, locating ring, sprue bush, guide pin, guide bush, z-pin, ejector pin, return pin, paralel, leader pin, leader pin bushing* dan *nipple*.

2.2.2 Komponen penting dalam perancangan cetakan

Dalam perancangan konstruksi cetakan, selain komponen-komponen dasar, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan agar konstruksi yang dihasilkan dapat berfungsi dengan semestinya serta menghasilkan produk sesuai dengan permintaan. Diantaranya:

1. *Cavity layout*
Cavity layout ditentukan berdasarkan jumlah produk yang akan dibuat dalam satu cetakan. Bentuknya yaitu *circular*, *series* dan *symetrical*.
2. *Sprue*
Berfungsi sebagai tempat awal masuknya aliran material plastik dari *nozzle* mesin ke dalam rongga cetakan.
3. *Runner*
Jalur masuknya material plastik cair setelah melalui *sprue* selanjutnya adalah melalui *runner*. Terdapat tiga kategori bentuk yang sering digunakan, yaitu: setengah lingkaran, trapesium dan lingkaran.
4. *Gate*
Bentuk saluran yang menghubungkan *runner* dan produk disebut *gate*. Salah satu bentuk *gate* yaitu *fan gate*.
5. *Parting line*
Parting line adalah suatu garis pada produk yang disebabkan karena adanya pertemuan antara permukaan *core* dengan *cavity*.
6. *Undercut*
Bentuk-bentuk tonjolan, lubang atau lekukan yang mengakibatkan produk tidak dapat dikeluarkan langsung disebut *undercut*. Bentukannya berupa *slider*, *lifter* dan *hydraulic*.
7. *Ejector*
Fungsi *ejector* adalah untuk mendorong produk keluar dari *core* setelah cetakan terbuka.
8. *Cooling system*
Sistem pendingin pada cetakan yang digunakan untuk menjaga temperatur cetakan pada kondisi kerja yang tepat.

3.1 Mesin Plastik Injeksi

Mesin injeksi plastik adalah mesin yang dipakai untuk memproduksi barang-barang produk plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu sesuai dengan cetaknya, dengan cara menyempatkan material plastik cair ke dalam cetakan melalui *nozzle* dari mesin. Setelah didinginkan plastik cair akan membeku dan mesin akan membuka cetakan untuk mengeluarkan produk yang sudah jadi (Budiartha, 2002).

3.3.1 Sistem kerja mesin injeksi plastik

1. Tahap pengisian (*fill time*)
Cetakan tertutup – *nozzle* bergerak maju – pengisian
2. Tahap pendinginan (*cooling time*)
Waktu yang dibutuhkan untuk pembekuan material cair didalam rongga cetakan
3. Tahap pelepasan produk (*ejection*)
Nozzle bergerak mundur, cetakan terbuka oleh terikan mesin, *ejector rod* menekan plat ejektor, ejektor menekan produk keluar dan produk terlepas.

III. Pengumpulan Data 3.1 Informasi Teknis

Perancangan cetakan plastik injeksi dimulai dengan mengumpulkan informasi teknis berupa data spesifikasi produk, *mold base* dan mesin injeksi yang digunakan. Data tersebut digunakan sebagai referensi untuk membuat rancangan cetakan plastik injeksi karena berpengaruh terhadap konstruksi dari cetakan plastik injeksi.

3.1.1 Data produk

Produk *safety glasses frame* merupakan komponen *part* dari kacamata pelindung yang berfungsi untuk mengaitkan dengan daun telinga manusia.



Gambar III. 1 Model 3D produk *safety glasses frame* (sumber: UPT Design dan metrologi, 2015)

Data produk diperlukan untuk menentukan rancangan cetakan, seperti *lay outing*, *parting line*, *contour core* dan *cavity* serta *runner system* dan *gate system*. Berikut merupakan data produk *safety glasses frame*:

Tabel III. 1 data produk *safety glasses frame*

| Data produk <i>safety glasses frame</i> | |
|---|-----------------------------|
| <i>Mat. Spec / colour</i> | PP / Black |
| <i>Shrinkage factor</i> | 2% |
| <i>Part dimention</i> | 167,445 x 156,925 x 107,175 |
| <i>Projection area</i> | 285, 219 cm ² |
| <i>Standard thickness</i> | 2,5 mm |
| <i>Part weight</i> | 15,252 gr |

Material yang digunakan untuk produk ini adalah termoplastik *Polypropylene AP03B* yang dibuat oleh *Exxon Mobil Chemical Asia Pacific Pte Ltd*, material tersebut memiliki spesifikasi *melt temperature 230° C*, *max. shear stress 0.30 Mpa*, *melt density 10.9 gr/cm³* dan *shrinkage factor 2%*.

3.1.2 Perhitungan produk

1. *Project area*
Project area adalah luas area yang digunakan bagian *core* dan *cavity* untuk mencetak produk menjadi serupa dengan bentuk cetakan. *Project area* untuk *cavity frame* yaitu 285,219 cm².
2. *Clamping force*
Clamping force atau gaya pencekaman adalah gaya yang digunakan untuk menahan cetakan pada saat proses injeksi agar material plastik berbentuk produk sesuai dengan gambar kerja. Hasil perhitungan *clamping force* dan *safety factor* produk *frame* yaitu 14260,96 kgf atau 14,2 ton.

3.1.3 Mold base

Objek pada perancangan ini menggunakan salah satu cetakan tidak produksi, yaitu cetakan *pad collar*. Berikut merupakan spesifikasinya:

Tabel III. 2 Spesifikasi cetakan *pad collar*

| Spesifikasi cetakan <i>pad collar</i> | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| <i>Type mold</i> | <i>Two plate</i> |
| <i>Mold system</i> | <i>Normal</i> |
| <i>Surface finish</i> | <i>Polish</i> |
| <i>Ejection system</i> | <i>Pin ejector</i> |
| <i>Mold operation</i> | <i>Semi manual</i> |
| <i>Type gate</i> | <i>Side gate</i> |
| <i>Manufacturing methode</i> | <i>Programming (CAM)</i> |
| <i>Material mold</i> | <i>S 50 C</i> |
| <i>Dimension mold</i> | <i>350 x 350 x 200 mm</i> |
| <i>Dimension cavity plate</i> | <i>350 x 250 x 50 mm</i> |
| <i>Dimension core plate</i> | <i>350 x 250 x 50 mm</i> |

Komponen standar, seperti *locating ring*, *sprue bush*, *guide pin*, *guide bush*, *pin ejector*, *spring* dan *return pin* tidak dibuat sendiri tetapi dibeli dalam bentuk komponen jadi sedangkan proses pemesinan lanjutan dilakukan hanya untuk bagian yang berhubungan dengan *core-cavity*, lubang baut dan *pin*.

3.1.4 Mesin plastik injeksi

Mesin plastik injeksi *Hwa Chin tipe HC-Series 160 SE* memiliki kapasitas injeksi 160 ton, dengan ruang pencekaman 450 mm x 460 mm dan *injection rate* 180 cm³/s. Mesin ini dilengkapi dengan unit sistem pendingin untuk cetakan yang dapat diatur temperaturnya.

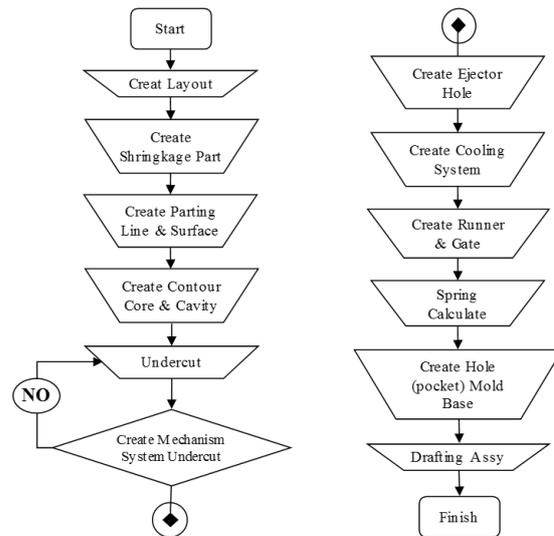
Tabel III. 3 Spesifikasi *Hwa Chin tipe HC-Series 160 SE*

| Specifications | Value |
|---------------------------------|-----------------|
| <i>Clamping force</i> | 160 |
| <i>Screw diameter</i> | 42 |
| <i>Nozzle radius</i> | 10 |
| <i>Injection pressure</i> | 1440 |
| <i>Theoretical Shot Volume</i> | 276 |
| <i>Shot weight</i> | 248 |
| <i>Injection rate</i> | 180 |
| <i>Screw revolving speed</i> | 0 - 276 |
| <i>Clamping stroke</i> | 500 |
| <i>Space between tie bars</i> | 450 - 460 |
| <i>Mold platen dimensions</i> | 660 - 660 |
| <i>Range of mold height</i> | 150 - 500 |
| <i>Hydraulic ejector stroke</i> | 130 |
| <i>Machine size</i> | 4.5 x 1.2 x 1.8 |

IV. Perancangan

4.1 Perancangan Cetakan

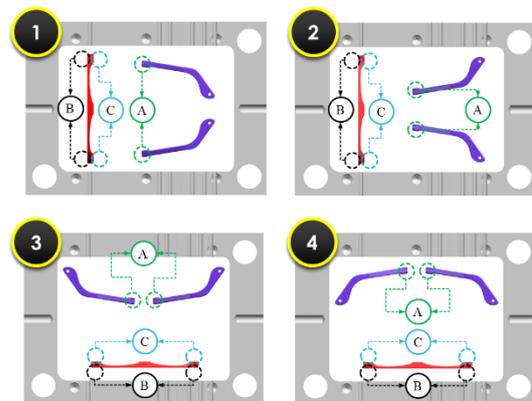
Prosedur yang digunakan untuk merancang konstruksi cetakan produk *safety glasses frame* menggunakan prosedur perancangan yang dibuat berdasarkan referensi dan disesuaikan dengan kebutuhan untuk merancang cetakan.



Gambar IV. 1 Prosedur perancangan konstruksi cetakan

4.1.1 Layout

Data produk berupa 3D *part* dan ukuran *cavity* digunakan sebagai referensi untuk menentukan *layout* produk. Ada empat alternatif desain *layout* yang dibuat dengan referensi posisi *sprue*, *gate* dan ukuran *insert* sama. *layout* yang digunakan yaitu sebagai berikut:



Gambar IV. 2 Layout

Berdasarkan pertimbangan sistem mekanik pembebas *undercut* menggunakan *slider* dan *lifter*, panjang *runner* yang seimbang dan kemudahan proses pemesinan, maka *layout* yang digunakan yaitu *layout* pertama.

4.1.2 Penyusutan produk

Produk yang akan dirancang cetaknya diperbesar dengan cara volume produk dikalikan dengan besarnya *shringkage factor* dari material yang digunakan.

$$\begin{aligned}
 V_{sf} &= V_{top\ frame} \times (1 + Sf) \\
 &= 5532,17 \times (1 + 2,0\%) \\
 &= 5642,813\ mm^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{sf} &= V_{left/ right\ frame} \times (1 + Sf) \\
 &= 3650,39 \times (1 + 2,0\%) \\
 &= 4029,398\ mm^3
 \end{aligned}$$

4.1.3 Parting line

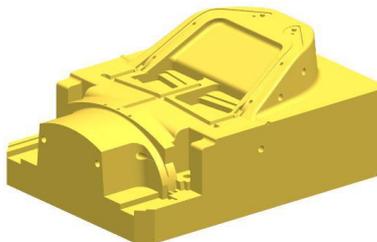
Parting line adalah garis pemisah antara *contour core* dan *cavity*. Pada produk *safety glasses frame* posisi *parting line* berada ditengah dari ketebalan produk, karena pertimbangan tuntutan fungsi dan penampilan dari produk.



Gambar IV. 3 *Parting line*

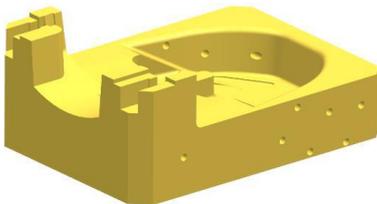
4.4 Kontur core dan cavity

Pemisahan bidang pertemuan menjadi bagian *core* dan *cavity*. *Core* adalah kontur cetakan yang posisinya pada bagian bawah *parting surface* atau bagian dalam produk



Gambar IV. 4 Kontur *core*

Sedangkan *cavity* adalah kontur cetakan yang posisinya dibagian atas *parting surface* atau bagian luar produk.



Gambar IV. 5 Kontur *cavity*

4.1.5 Undercut

Profil *undercut* yaitu suatu bentukan pada produk plastik yang memiliki fungsi khusus. Gambar 4.10 memperlihatkan letak *undercut* pada produk *safety glasses frame* yang ditandai dengan bidang berwarna biru.



Gambar IV. 6 Profil *undercut*

4.1.6 Mekanik sistem undercut

Penentuan mekanik sistem *undercut* dilakukan dengan pertimbangan aspek konstruksi. Tabel 4.4 menjelaskan perbandingan pertimbangan penggunaan mekanik sistem untuk mengatasi profil *undercut*.

Tabel IV. 1 Perbandingan mekanik sistem

| Profil | Mekanik sistem | Konstruksi |
|--------|------------------|------------|
| | <i>Lifter</i> | - |
| A | <i>Hydraulic</i> | - |
| | <i>Slider</i> | √ |
| B | <i>Lifter</i> | - |
| | <i>Hydraulic</i> | - |
| C | <i>Slider</i> | √ |
| | <i>Lifter</i> | √ |
| | <i>Hydraulic</i> | - |
| | <i>Slider</i> | - |

4.1.7 Lubang ejektor

Penempatan *ejector* harus disesuaikan dengan letak komponen lain seperti lubang pendingin (*cooling*), *lifter* dan *slider*. Agar dapat beroperasi dengan baik dan tidak merusak produk, *ejector* harus diatur pada posisi yang tepat.



Gambar IV. 7 Lubang *ejector*

Jumlah unit *ejector* yang terdapat pada kontur *core* yaitu delapan unit, terdiri dari lubang dan *pin* berdiameter 3 mm, karena dengan pertimbangan fungsional untuk proses eaksi dan *performance* yang dihasilkan. Hal ini didasai pertimbangan *safety factor* sebagai berikut:

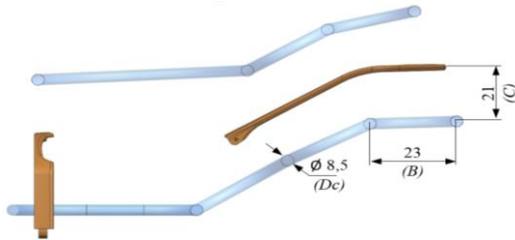
$$S = \frac{P}{P_1} = \frac{107,023}{77,754} = 2,447$$

Jika *safety factor* mendapatkan nilai ≥ 2 , maka *ejector pin* dikatakan memiliki angka keamanan yang baik dan bisa digunakan.

Selain itu dari hasil perhitungan panjang langkah pembebas yaitu 30 mm sedangkan tebal maksimum produk 3,226 maka produk tersebut bisa di bebaskan dari cetakan.

4.1.8 Sistem pendingin

Jenis *cooling system* pada konstruksi cetakan ini adalah *channel*, karena dilihat dari kompleksitas dari produk yang akan dicetak. Berdasarkan tebal rata-rata produk *frame safety glasses* yaitu 3,56 mm. sehingga diameter *cooling system* \varnothing 8,5 mm dengan jarak antar sumbu *cooling* terhadap permukaan yaitu 21 mm dan jarak antar sumbu 23 mm.



Gambar IV. 8 Cooling system

4.1.9 Runner dan gate

1. Dimensi sprue

Diketahui:

Tebal max produk (S_{max}) = 4,982 mm

Diameter nozzle (d_N) = 2 mm

Panjang sprue (L) = 70 mm

Ditanya:

Sudut sprue (α)?

Jawab:

$$d_f = S_{max} + 1,0$$

$$= 4,982 + 1,0$$

$$= 5,982 \text{ mm}$$

$$d_s = d_N + 1,5$$

$$= 2 + 1,5$$

$$= 3,5 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha = \frac{(d_f/2) - (d_n/2)}{L}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{(5,982/2) - (3,5/2)}{70}$$

$$= 1,01^\circ$$

2. Dimensi runner

Diketahui:

Tebal max produk (S_{max}) = 4,982

Konstanta (K) = 1,5

Ditanya:

Diameter runner (D_{runner})?

Jawab:

$$D_{primary \text{ runner}} = S_{average} + K$$

$$= 4,982 + 1,5$$

$$= 6,482 \text{ mm}$$

$$D_{secondary \text{ runner}} = \frac{Dupsteam}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{6,482}{\sqrt{2}}$$

$$= \varnothing 4,583 \text{ mm}$$

$$D_{tertiary \text{ runner}} = \frac{Dupsteam}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{4,583}{\sqrt{3}}$$

$$= \varnothing 2,646 \text{ mm}$$

3. Dimensi dan posisi gate

Diketahui:

Tebal max produk (S_{max}) = 4,982 mm

Ditanya :

Panjang gate (L), tebal gate (t) dan lebar gate (w) ?

Jawab :

Gate pada top frame

$$L = 1 \sim 1,5 \times S_{max}$$

$$= 1,2 \times 4,982$$

$$= 5,978 \text{ mm}$$

$$t = 0,15 \sim 0,30 \times S_{max}$$

$$= 0,2 \times 4,982$$

$$= 0,996 \text{ mm}$$

$$w = 2 \times D$$

$$= 2 \times D_{secondary \text{ runner}}$$

$$= 2 \times 3,742$$

$$= 7,484 \text{ mm}$$

Gate pada left dan right frame

$$L = 1 \sim 1,5 \times S_{max}$$

$$= 1,2 \times 4,982$$

$$= 5,978 \text{ mm}$$

$$t = 0,15 \sim 0,30 \times S_{max}$$

$$= 0,2 \times 4,982$$

$$= 0,996 \text{ mm}$$

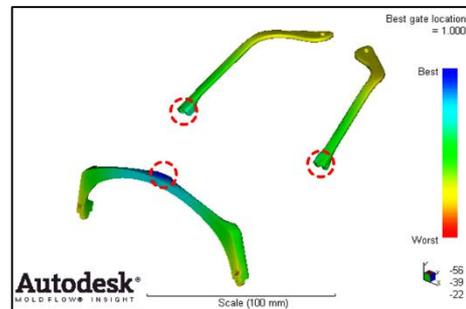
$$w = 2 \times D$$

$$= 2 \times D_{tertiary \text{ runner}}$$

$$= 2 \times 2,646$$

$$= 5,292 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk menentukan posisi gate dilakukan dengan simulasi *gate analysis*.



Gambar IV. 9 Rekomendasi posisi gate

4.1.10 Keseimbangan produk

Keseimbangan produk digunakan untuk mengeliminir perbedaan waktu pengisian material atau *fill time* produk dengan cara menyesuaikan panjang dari runner agar perbedaan volume material yang mengalir dari runner, gate dan produk minimum

Tabel IV. 2 Volume material produk

| Product | Volume runner | Volume gate | Volume product | Total |
|-------------|---------------|-------------|----------------|---------|
| Top frame | 606.92 | 43.04 | 5532.17 | 6182.14 |
| Left frame | 2490.42 | 43.04 | 3650.39 | 6183.85 |
| Right frame | 2490.42 | 43.04 | 3650.39 | 6183.85 |

4.1.11 Perhitungan pegas

1. Berat yang diterima spring

Diketahui:

Panjang plat ejector (p) = 350 mm = 35 cm

Lebar plat *ejector* (l) = 150 mm = 15 cm
 Tebal plat *ejector* (t) = 15 mm = 1,5 cm
 Stroke = 90 mm
 Diameter *return pin* = Ø 20 mm
 Berat jenis baja (m) = 7,81 gr/cm²
 Ditanya:
 Berat (w) ?
 Jawab:
 $W_{plat\ ejector} = 2 \times (A \times m)$
 $= 2 \times ((p \times l \times t) \times 7,81\text{ gr/cm}^2)$
 $= 2 \times ((35 \times 15 \times 1,5) \text{ cm} \times 7,81\text{ gr/cm}^2)$
 $= 12300,75\text{ gr}$
 $W_{total} = 12,301\text{ kg} + (8\text{ejktr pin} + 2\text{btg lift} + 2\text{lifter})$
 $= 12,3\text{ kg} + (0,079\text{ kg} + 0,109\text{ kg} + 0,174\text{ kg})$
 $= 12,572\text{ kg}$

2. Gaya yang diterima *spring*

Diketahui:

Gaya gravitasi (g) = 9,8 m/s²

Berat total (W_{total}) = 12,572 kg

Ditanya:

Gaya (F) ?

Jawab:

$F_{normal} = W \times g$
 $= 12,572\text{ kg} \times 9,8\text{ m/s}^2$
 $= 123,206\text{ N}$

Diketahui:

Koefisien gesek kinetis (μ_k) = 0,6

Berat 8 unit *ejector pin* Ø3 (W_{pin}) = 0,079 kg

$(F) 8\text{ pin} = W \times g$
 $= 0,079\text{ kg} \times 9,8\text{ m/s}^2$
 $= 0,774\text{ N}$

Ditanya:

Gaya gesek kinetis (F_k) ?

Jawab:

$F_k = F_{normal} \times \mu_k$
 $= 0,774\text{ N} \times 0,6$
 $= 0,465\text{ N}$

Dengan demikian beban yang diterima *spring* adalah:

Berat (W) = 25,64 kg

Gaya (F_{total}) = $F_{normal} + F_k$
 $= 123,206\text{ N} + 0,774\text{ N}$
 $= 123,671\text{ N}$

Spring yang digunakan sebanyak empat unit agar keseimbangan atau *balancing* tercapai. Maka gaya sebesar 123,671 N dibagi untuk empat *spring*, sehingga masing-masing *spring* menerima beban sebesar 30,918 N. Jenis *spring* yang digunakan yaitu menggunakan *return pin* Ø 20 mm, sehingga di dapat tipe *spring* yaitu SWY 30-90.

4.1.12 Lubang pada *mold base*

Mold base yang digunakan sebelumnya sudah memiliki lubang ataupun *pocket*, sehingga perlu dipertimbangkan dalam menentukan bentuk yang baru.

Tabel IV. 3 Komponen modifikasi

| No | Komponen | Modifikasi |
|----|----------------------------|--|
| 1 | <i>Cavity plate</i> | <i>Pocket</i> untuk <i>insert cavity</i> |
| 2 | <i>Core Plate</i> | <i>Pocket</i> untuk <i>insert core</i> |
| 3 | <i>Support plate</i> | Lubang <i>ejector pin</i> , <i>ejector guide bush</i> , batang <i>lifter</i> , <i>retainer pin</i> dan <i>support pillar</i> |
| 4 | <i>Upper plate ejector</i> | Lubang <i>ejector pin</i> , <i>ejector guide bush</i> , batang <i>lifter</i> , <i>retainer pin</i> dan <i>support pillar</i> |
| 5 | <i>Lower plate ejector</i> | Lubang batang <i>lifter</i> , <i>ejector guide pin</i> dan <i>ejector guide pin</i> dan <i>support pillar</i> |

V. Pengujian Dengan Simulasi *Moldflow*

5.1. Simulasi Aliran Material

Simulasi ini diperlukan untuk mengetahui dan mengantisipasi kemungkinan-kemungkinan yang terjadi pada hasil produk. Sehingga diperlukan parameter masukan untuk mendapatkan hasil simulasi.

Tabel V. 1 Parameter awal proses simulasi

| Parameter | Value | Unit |
|-----------------------------|-------|--------|
| <i>Melt temperature</i> | T_m | 230 °C |
| <i>Ejection temperature</i> | T_e | 93 °C |
| <i>Mold temperature</i> | | 40 °C |
| <i>Injection pressure</i> | | 44 Mpa |
| <i>Packing pressure</i> | | 35 Mpa |
| <i>Packing time</i> | | 10 s |
| <i>Mold opening time</i> | t_o | 5 s |
| <i>Reynold number</i> | Re | 2500 |

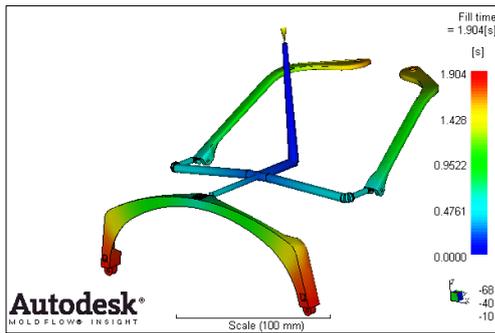
Selanjutnya data-data hasil *meshing* produk sebagai berikut:

- *Mesh type* : *Dual domain*
- *Number of nodes* : 4755
- *Total number part of element* : 9244
- *Total number of sprue/runner/gate* : 149
- *Total number of element* : 9393

Proses simulasi dengan data-data grid atau *mesh* tersebut memerlukan waktu kurang lebih 10 menit untuk sekali proses.

5.1.1 *Fill time*

Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengisian material ke dalam rongga cetakan yaitu 1,904 detik/produk.

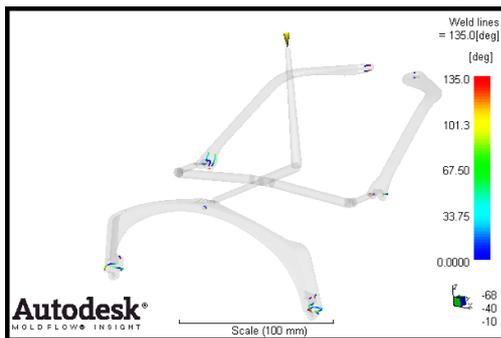


Gambar V. 1 Profil *fill time*

5.1.2 *Weld lines prediction*

Cacat yang terjadi karena pertemuan dua aliran dingin yang terjadi pada produk. Untuk mengatasi cacat tersebut dapat dilakukan dengan:

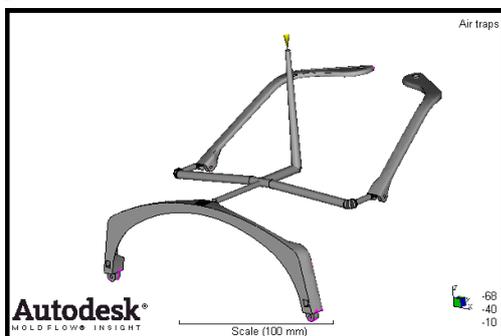
1. Menambah temperatur *barrel* secara bertahap sebesar 5,5 °C
2. Menambah volume material 2-3 *point* dari *index* standar yang ditetapkan
3. Menambah *holding pressure* dan *holding time* agar material yang di-*inject* menyatu dengan sempurna



Gambar V. 2 Profil *weld line* hasil simulasi

5.1.3 *Air trap prediction*

Cacat *air trap* terjadi saat material plastik masuk ke dalam rongga cetakan membentuk produk, tetapi tidak terisi penuh oleh material tersebut.



Gambar V. 3 Profil *air trap* hasil simulasi

Berdasarkan hasil simulasi tersebut, terdapat cacat *air trap* yang ditandai dengan lingkaran berwarna merah. Maka untuk mengatasi masalah *air trap* pada cetakan tersebut dengan cara sebagai berikut:

1. Kecepatan aliran material diperlambat agar rongga *core-cavity* benar-benar terisi material

2. *Clamping force* dikurangi
3. *Holding pressure* ditambah
4. Dibuat *die venting* pada *parting line*

VI. Penutup

6.1 Kesimpulan

Desain cetakan *safety glasses frame* dapat dibuat menggunakan cetakan yang sudah tidak dipakai, yaitu menggunakan cetakan *pad collar*. Tabel VI.1 menunjukkan spesifikasi cetakan *safety glasses frame*:

Tabel VI. 1 Spesifikasi cetakan *safety glasses frame*

| Spesifikasi cetakan <i>frame safety glasses</i> | |
|---|--------------------|
| <i>Type mold</i> | <i>Two plate</i> |
| <i>Mold system</i> | <i>Normal</i> |
| <i>Surface finish</i> | <i>Polish</i> |
| <i>Ejection system</i> | <i>Pin ejector</i> |
| <i>Mold operation</i> | <i>Semi manual</i> |
| <i>Type gate</i> | <i>Side gate</i> |
| <i>Manufacturing methode</i> | <i>CAM</i> |
| <i>Material mold</i> | <i>S 50 C</i> |
| <i>Dimension mold</i> | 350 x 350 x 200 mm |
| <i>Dimension cavity plate</i> | 350 x 250 x 50 mm |
| <i>Dimension core plate</i> | 350 250 x 50 mm |

Hasil desain produk *safety glasses frame* yang disimulasikan menggunakan *software autodesk moldflow insight* minimum cacat, hal ini ditunjukkan dengan adanya cacat berupa *weld line* dan *air traps* yang mana cacat tersebut dapat diminimalisir dengan cara mengatur parameter injeksi dan membuat *die venting* pada *parting line* dengan *clearance* berdasarkan rekomendasi.

6.2 Saran

Secara perancangan desain cetakan memiliki hasil yang baik sehingga untuk dilakukan ke tahap selanjutnya yaitu proses pemesinan. Sebelum itu, hal yang perlu dilakukan yaitu penambahan simulasi sistem pendingin atau *cooling system* pada konstruksi cetakan dengan *software autodesk moldflow insight 2010* untuk mengetahui kemungkinan-kemungkinan yang terjadi setelah di tambah dengan analisa tersebut. Sehingga kesalahan dalam rancangan bisa lebih minimum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Autodesk, 2009. *Autodesk Moldflow Insight Standard 1 Theory and Concepts for Release*. USA: Moldflow Corp.
- [2] Autodesk, 2009. *Autodesk Moldflow Insight Standard 2 Theory and Concepts for Release*. USA: Moldflow Corp.
- [3] Domonick V. Rosato., Donald V. Rosato., Marlene G. Rosato. 2000. *Injection Molding Handbook*: Kluwer Academic Publishers Group.
- [4] Gastrow. 2002. *Injection Molds 130 Proven Design*. Munich: Hanser.
- [5] M. Bryce, Douglas. 1998. *Plastic Injection Moulding Vol.III*. Michigan: Society of Manufacturing Engineers.



- [6] Misumi. 2007. Standar Components for Plastic Molds and Die Cast. Japan: Misumi, Ltd.
- [7] Sudarmawan, Roni. 2007. *Diktat Teknologi Plastik Injection Moulding*. Jakarta : Politeknik Manufaktur Astra
- [8] Sudirman, Iman. 2005. *Diktat Injection Moulding*. Jakarta : PT. Astra Honda Motor Dies Manufacturing Division.