

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Mengidentifikasi Produk

##### 4.1.1 Bahan

Dari sampel *flexyble cup seedling* dapat langsung mengidentifikasi material yang digunakan melalui fungsi dari produk atau jenis *flexyble cup seedling* yang sudah ada dalam spesifikasi material bahan, kemudian mengetahui dimensi sampel dengan cara mencari nilai *shrinkage* pada material yang digunakan.

**Tabel 4.1 Data Produk.**

<b>Data Produk 1</b>	
Nama	<i>Flexyble Cup Seedling</i>
Warna	Putih Bening
<i>Material</i>	<i>LDPE</i>
Deskripsi Produk	Media untuk mengembangkan tanaman hias dan tanaman sayur.
<i>Dimensi produk</i>	d1: 35 mm, d2 : 50 mm, t : 60 mm.
Tebal produk	0,5 mm

<b>Data Produk 2</b>	
Nama	<i>Flexyble Cup Seedling</i>
Warna	Putih Bening
<i>Material</i>	<i>LDPE</i>
Deskripsi Produk	Media untuk mengembangkan tanaman hias dan tanaman sayur.
<i>Dimensi produk</i>	d1: 50 mm, d2 : 80 mm, t : 80 mm.
Tebal produk	0,5 mm

#### 4.1.2 Parting Line

Dari sampel produk *flexyble cup seedling* dapat mengidentifikasi letak *parting line* dengan melihat tanda yang membekas pada produk *flexyble cup seedling* berupa garis yang menyambungkan antara atas dan bawah produk *flexyble cup seedling*. Bagian yang terpisah oleh *parting line* disebut *core* dan *cavity*.

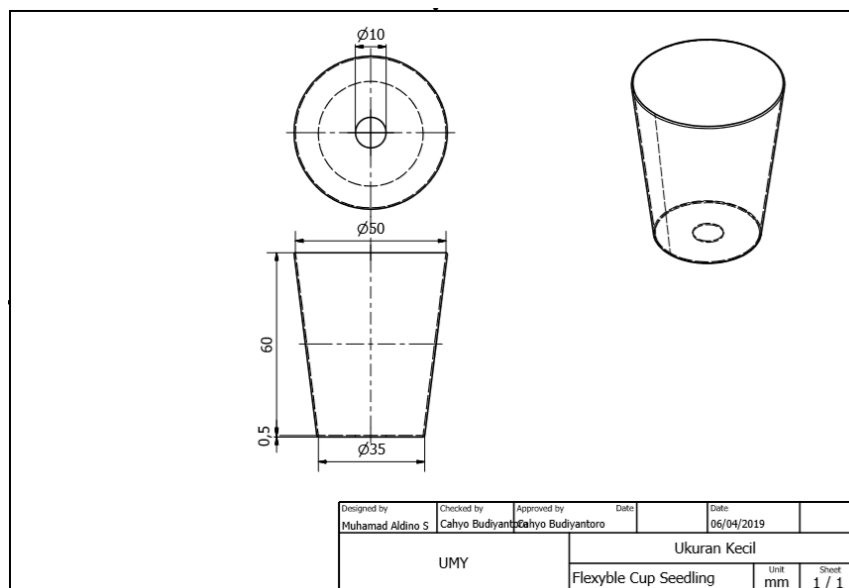
#### 4.1.3 Ejector Mark

Tanda *ejector* terlihat pada produk tertentu, sampel produk *flexyble cup seedling* tanda *ejector* terlihat jelas pada bagian dalam produk berbentuk lingkaran kecil, kemudian dari sampel produk *flexyble cup seedling* dapat menentukan penggunaan jenis *ejector* yang digunakan.

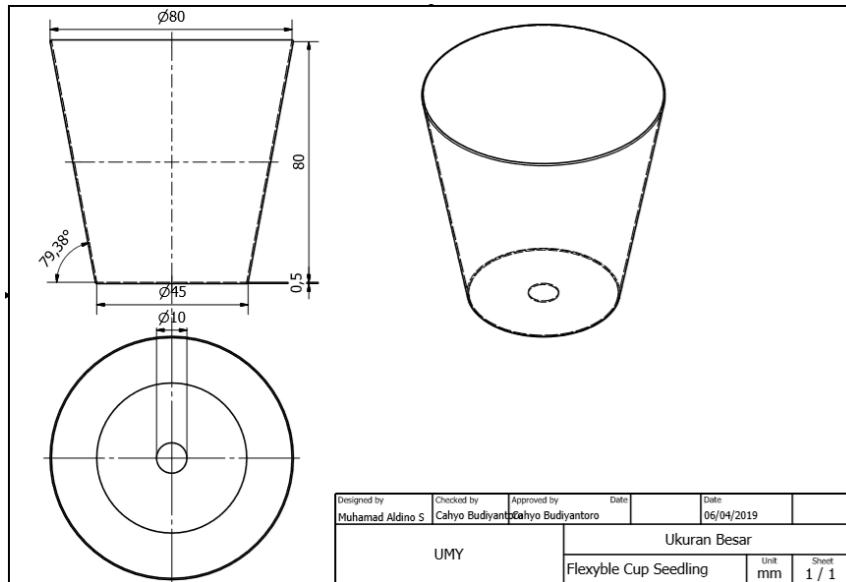
### 4.2 Gambar Desain Produk

Setelah melakukan analisis produk, selanjutnya adalah membuat bentuk produk *flexyble cup seedling* yang telah mengalami modifikasi dari bentuk dan ukuran, kemudian dapat dilihat pada gambar 2D dan 3D.

Gambar 2D Produk ukuran kecil :



**Gambar 4.1** Gambar 2D Produk Ukuran Kecil

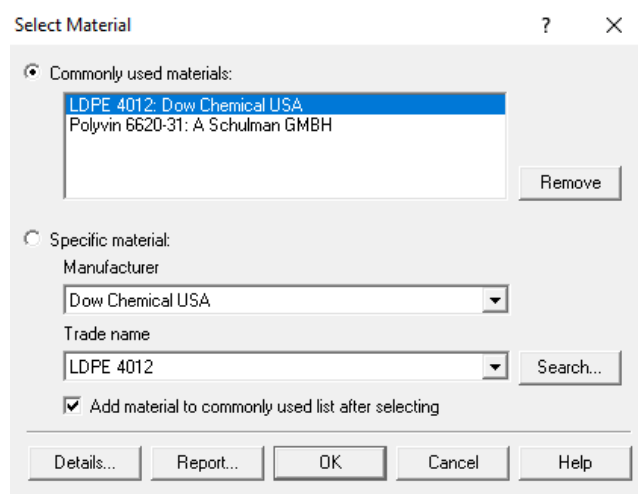


**Gambar 4.2** Gambar 2D Produk Ukuran Sedang

### 4.3 Input Data Hasil Kedalam Moldflow

#### 4.3.1 Pemilihan Material Produk

Material yang digunakan dalam proses simulasi yaitu material plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*). Material tersebut dipilih karena sifat material yang lentur, tidak mudah rusak dan harga yang murah. Material yang dipilih dalam simulasi *Moldflow* yaitu LDPE 4012 dari *Dow Chemical USA*. Untuk gambar lebih jelas tentang pemilihan material pada simulasi *Moldflow* dapat dilihat dibawah ini :



**Gambar 4.3** Pemilihan Material Produk

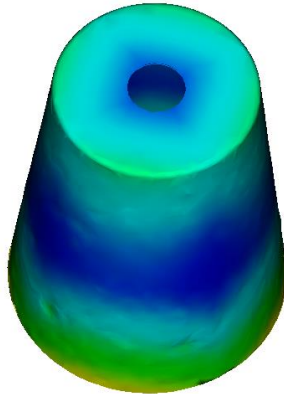
PVT Properties	Mechanical Properties	Shrinkage Properties	Filler Properties
Description	Recommended Processing	Rheological Properties	Thermal Properties
Mold surface temperature	40 C		
Melt temperature	220 C		
Mold temperature range (recommended)			
Minimum	20 C		
Maximum	70 C		
Melt temperature range (recommended)			
Minimum	180 C		
Maximum	280 C		
Absolute maximum melt temperature	320 C		
Ejection temperature	80 C		
		View test information for ejection temperature...	
Maximum shear stress	0.11 MPa		
Maximum shear rate	40000 1/s		

**Gambar 4.4** Detail Material Temperature

### 4.3.2 Lokasi Gate

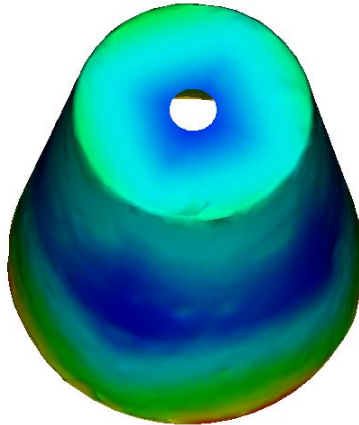
Letak *gate* dapat dilihat dari bekas *gate* yang ada pada produk *flexible cup seedling*. Jenis *gate* yang digunakan juga dapat kita ketahui. Mencari lokasi *gate* yang tepat sangat diperlukan agar dapat mengatur laju aliran material plastik menjadi seragam atau *balance*. Letak *gate* dapat mempengaruhi kualitas produk saat proses injeksi dan mempengaruhi *runner system*. Lokasi *gate* juga dapat mempengaruhi penampilan produk saat produk tersebut dibuat.

- a. Lokasi untuk penempatan *gate* yang baik produk ukuran kecil :



**Gambar 4.5** *Best Gate Location* Pada Produk Ukuran Kecil

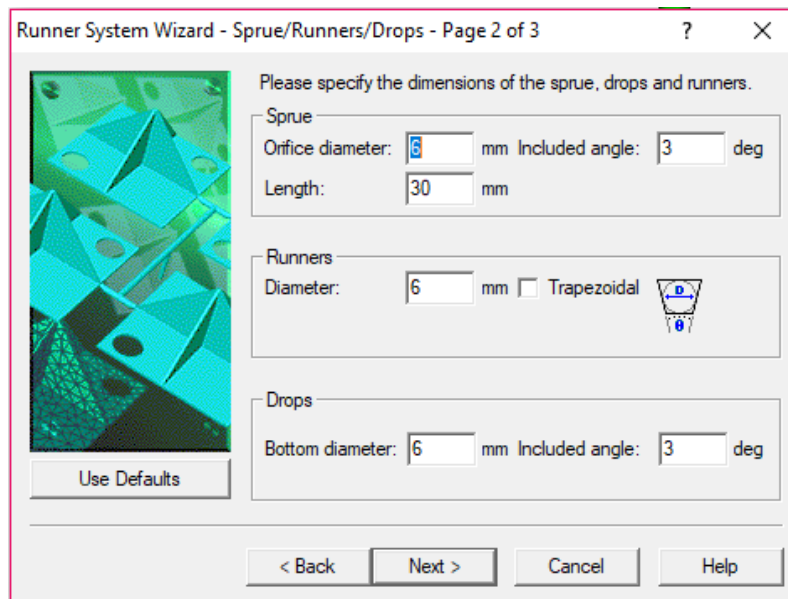
b. Lokasi untuk penempatan *gate* yang baik produk ukuran besar :



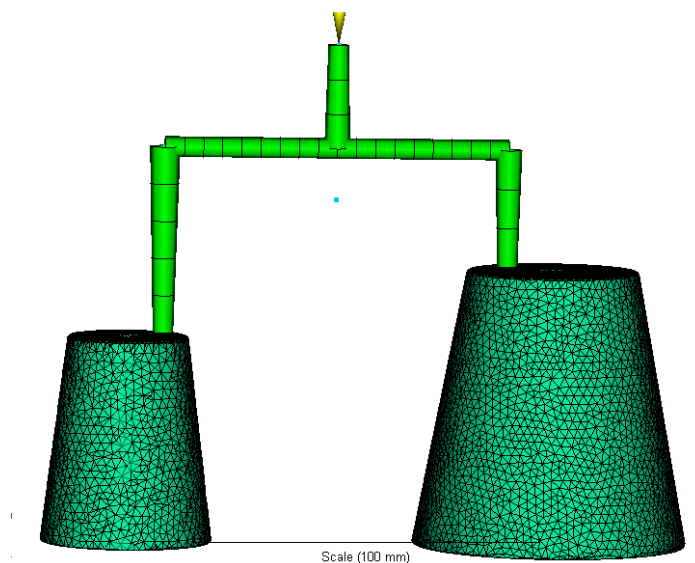
**Gambar 4.6** *Best Gate Location* Pada Produk Ukuran Sedang

#### 4.3.3 Input Data *Runner Balance*

Data *runner balance* yang dimasukkan kedalam parameter *moldflow* adalah, diameter *runner* dan *sprue* sebelum dilakukan *balance* sebesar 6 mm. Untuk panjang *runner* primer yaitu 62 mm dan panjang *runner* sekunder dibagi menjadi dua karena bentuk produk yang tidak sama besar. Panjang *runner* sekunder yang pertama untuk produk berukuran kecil yaitu 42 mm dan untuk produk ukuran besar yaitu 22 mm.



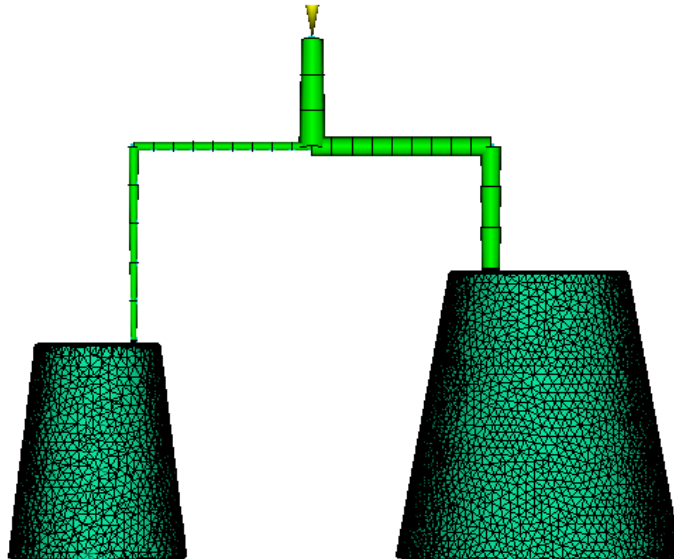
**Gambar 4.7** Detail Parameter *Runner System*



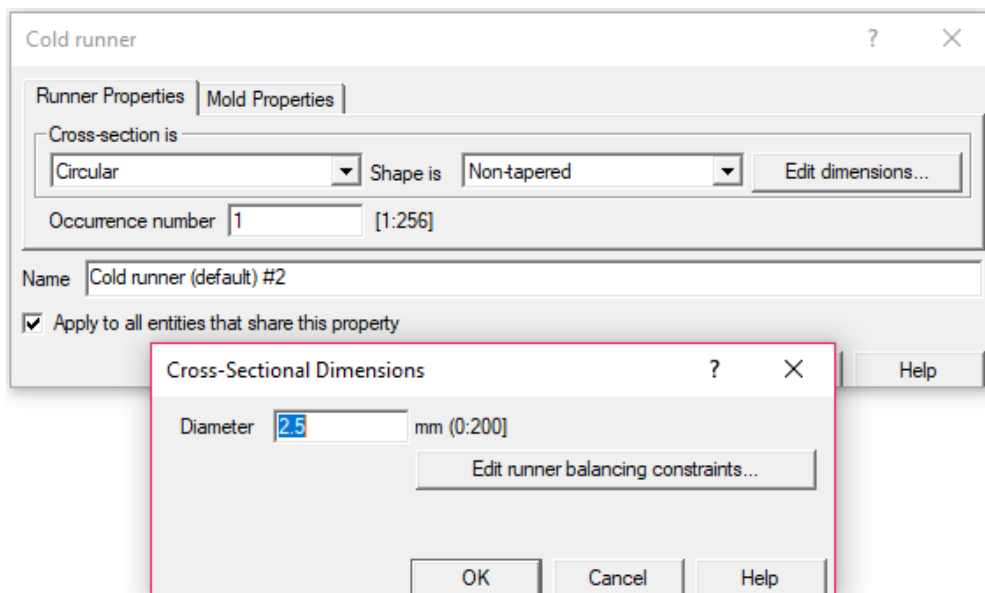
**Gambar 4.8** *Runner* Produk Belum Dilakukan *Balance*

Setelah dilakukan proses *balance* maka diameter *sprue* dan *runner* menjadi berubah. Diameter *sprue* pada produk kecil menjadi 2.5 mm dan diameter *runner* pada produk kecil menjadi 2 mm dengan derajat kemiringan 1.5 mm. Diameter *sprue* pada produk besar menjadi 5.45 mm dan diameter *runner* pada produk kecil menjadi mm dengan derajat kemiringan 1.5 mm. Diameter *runner* pada produk besar dan kecil berbeda agar saat proses injeksi material plastik dapat mengisi

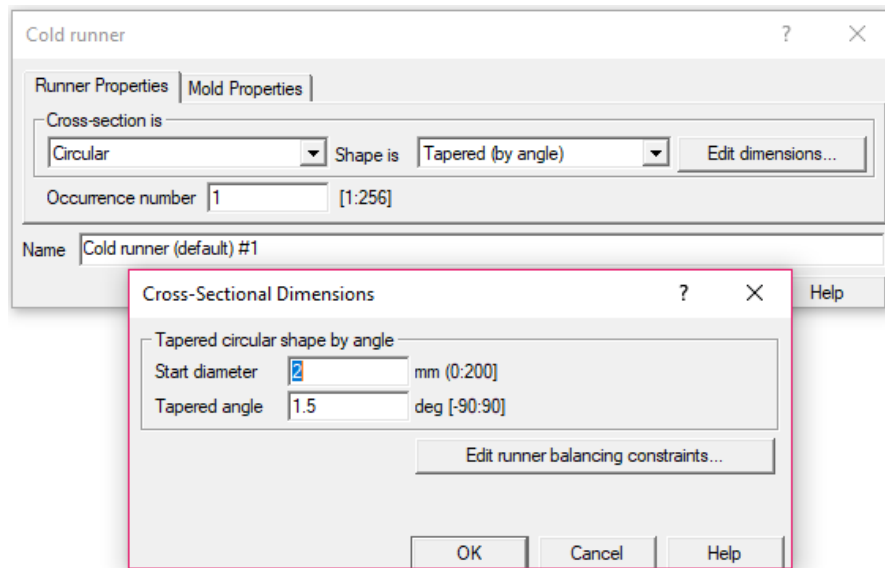
secara bersamaan. Gambar *runner* yang telah dilakukan proses *balance* seperti dibawah ini :



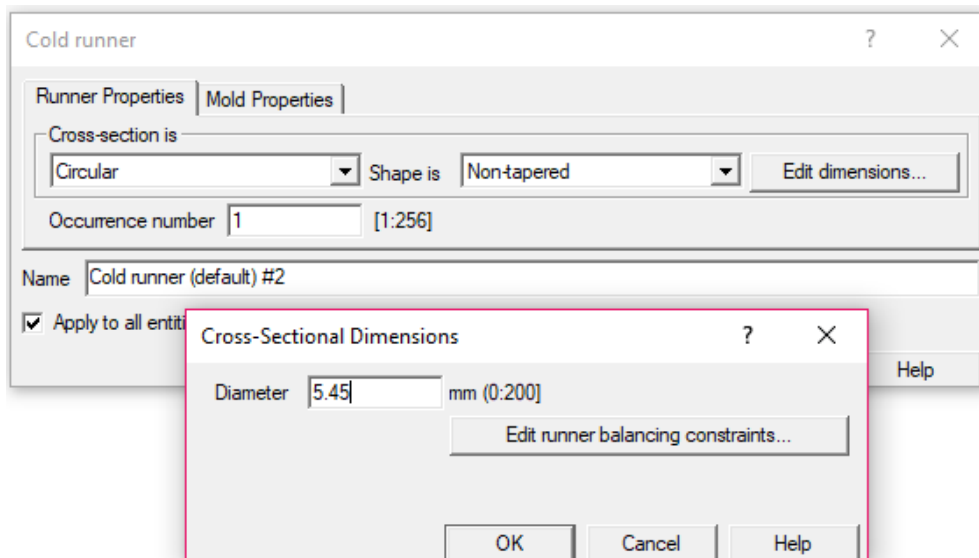
**Gambar 4.9** *Runner* Yang Telah Dilakukan *Balance*



**Gambar 4.10** Detail Parameter Diameter *Sprue* Produk Kecil

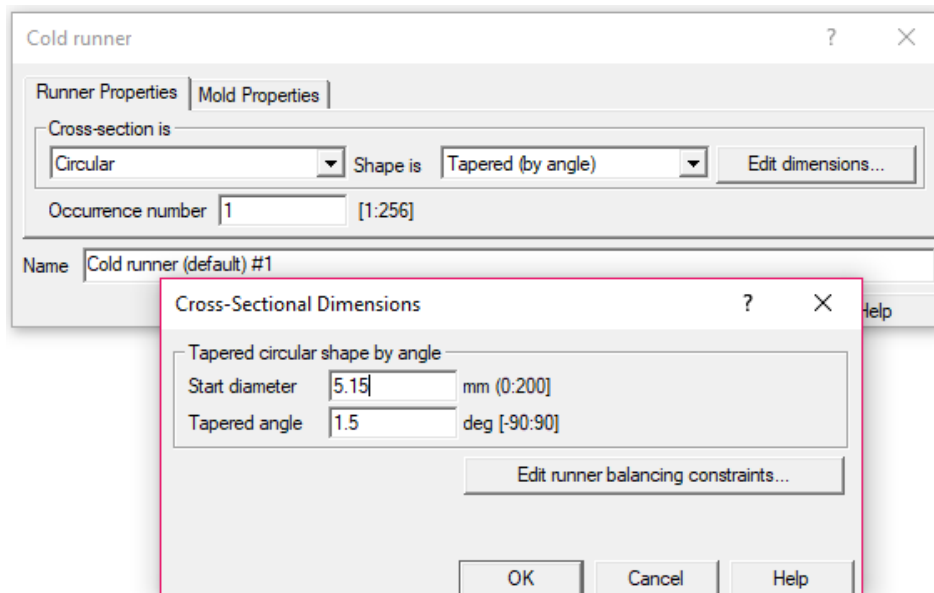


**Gambar 4.11** Detail Parameter Diameter *Runner* Produk Kecil



**Gambar 4.12** Detail Parameter Diameter *Sprue* Produk Sedang

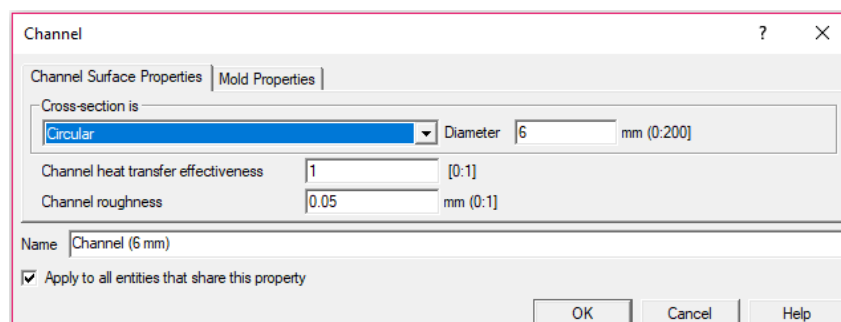




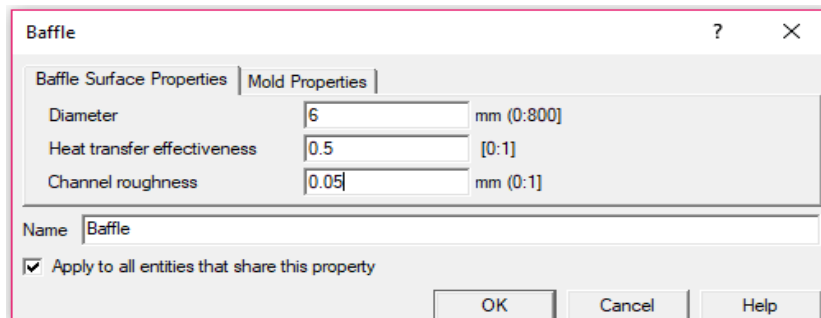
**Gambar 4.13** Detail Parameter Diameter *Runner* Produk Sedang

#### 4.3.4 Input Data *Cooling System*

*Cooling system* pada penelitian ini menggunakan *channel* dengan diameter sebesar 6 mm dan *baffle* dengan diameter sebesar 6 mm. Panjang *cooling system* mengikuti dimensi produk. Diameter yang digunakan sebesar 6 mm karena diameter tersebut tidak terlalu besar maupun terlalu kecil untuk dimensi produk *flexible cup seedling*. Parameter pada *cooling system* ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :



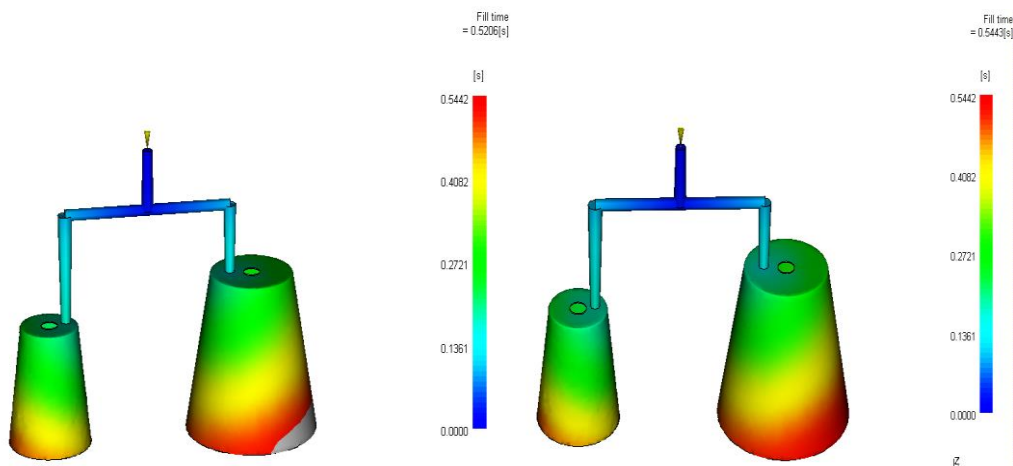
**Gambar 4.14** Parameter *Channel* Pada *Cooling System*



**Gambar 4.15** Parameter *Baffle* Pada *Cooling System*

#### 4.4 Hasil Simulasi *Fill Time Cold Runner Tanpa Runner Balance*

Hasil analisa *cold runner* tanpa *runner balance* ditunjukkan pada gambar 4.16, yang menunjukkan waktu untuk mengisi produk kecil adalah 0,5206 detik dan produk sedang selama 0,5443 detik dengan diameter *runner* sekunder dan primer pada kedua produk sebesar 6 mm. Dari analisa tersebut maka waktu injeksi terlihat lebih lama dari *fill time* dengan *runner balance*. Hal tersebut dikarenakan pengisian tidak selesai secara bersamaan, mengakibatkan efisiensi waktu pengisian menjadi lebih lama.

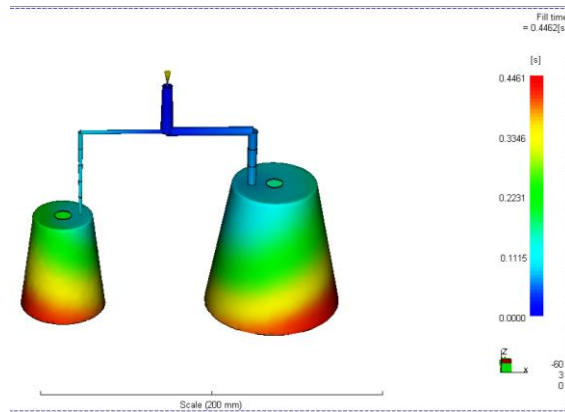


**Gambar 4.16** *Fill Time* Tanpa *Runner Balance*

#### 4.5 Hasil Simulasi *Fill Time Cold Runner Dengan Runner Balance*

Hasil analisa *cold runner* dengan *runner balance* ditunjukkan pada gambar 4.17, yang menunjukkan waktu untuk memenuhi produk *flexyble cup seedling* adalah 0,4662 detik dengan perubahan diameter *runner* sekunder produk kecil sebesar 2 mm dan diameter *runner* sekunder pada produk sedang sebesar 5,15 mm. Dari analisa

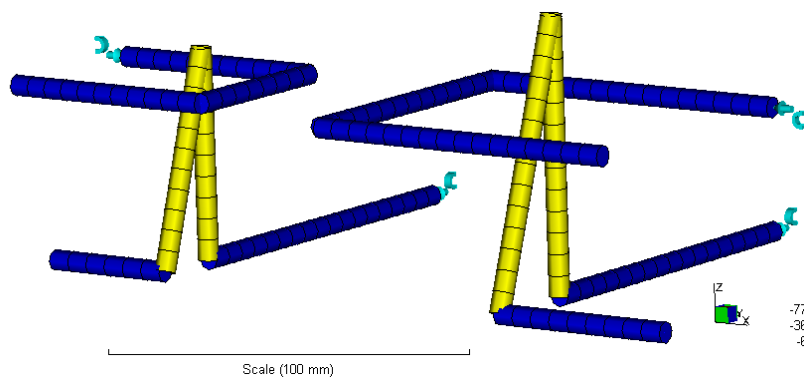
tersebut maka waktu injeksi tidak dapat dikurangi ketika proses produksi berlangsung, karena akan menyebabkan cacat produk.



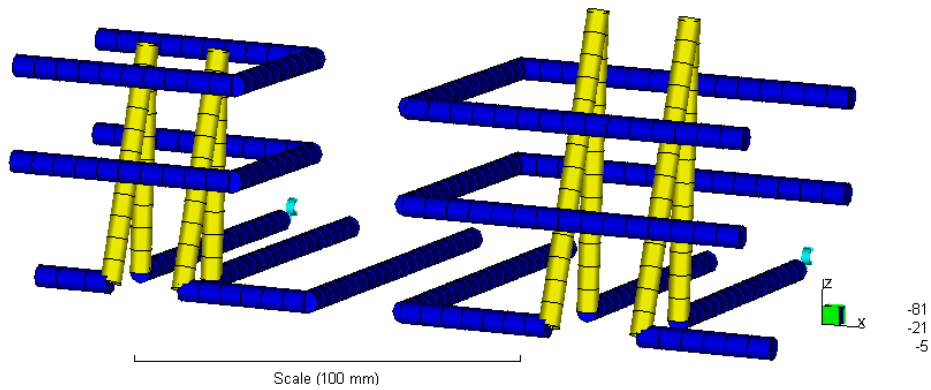
**Gambar 4.17** *Fill Time* dengan *Runner Balance*

#### 4.6 Hasil Desain *Layout Cooling System*

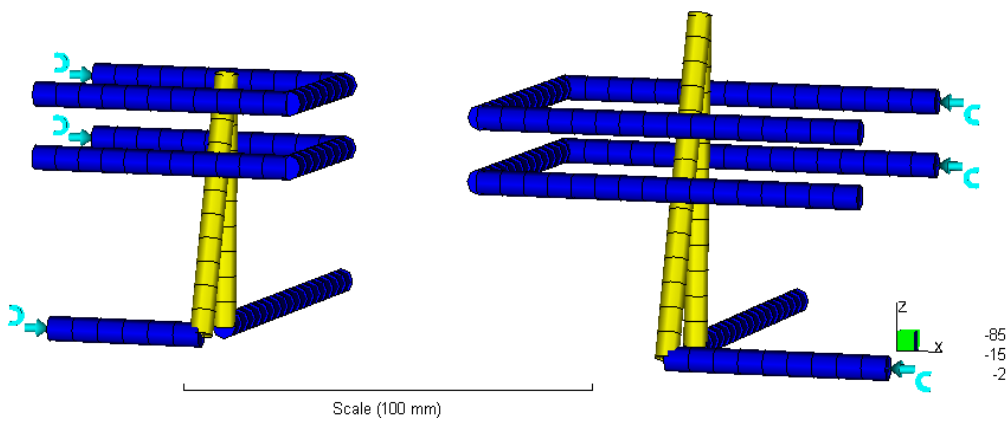
Analisa dibuat dengan 3 jenis *layout cooling* berbeda dengan parameter diameter *channel* dan *baffle* yang sama untuk membandingkan proses pendinginan pada produk yang baik. Berikut ini beberapa hasil analisa cooling system.



**Gambar 4.18** *Layout Cooling Type 1*



**Gambar 4.19** *Layout Cooling Type 2*



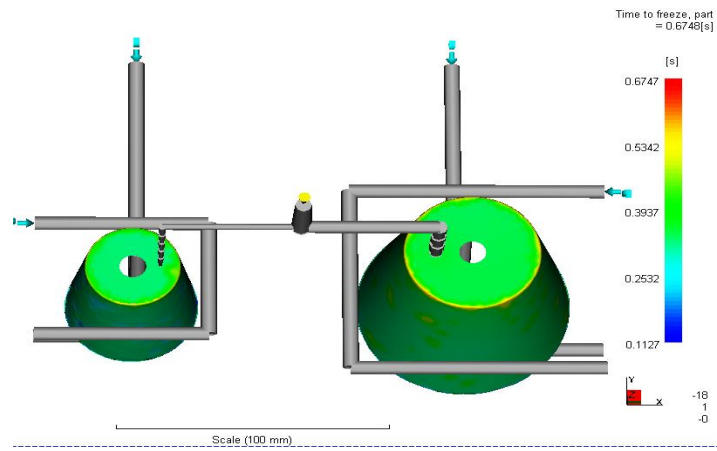
**Gambar 4.20** *Layout Cooling Type 3*

1. *Time To Freeze Part*

Hasil analisa *time to freeze part* menunjukkan pendinginan *part* atau pembekuan material plastik menjadi sebuah produk. *Layout cooling* yang paling efisien untuk mendinginkan produk akan dipilih dan rekomendasikan. Pendinginan produk yang baik adalah yang paling cepat, karena dapat menghemat waktu dan dapat meningkatkan proses produksi.

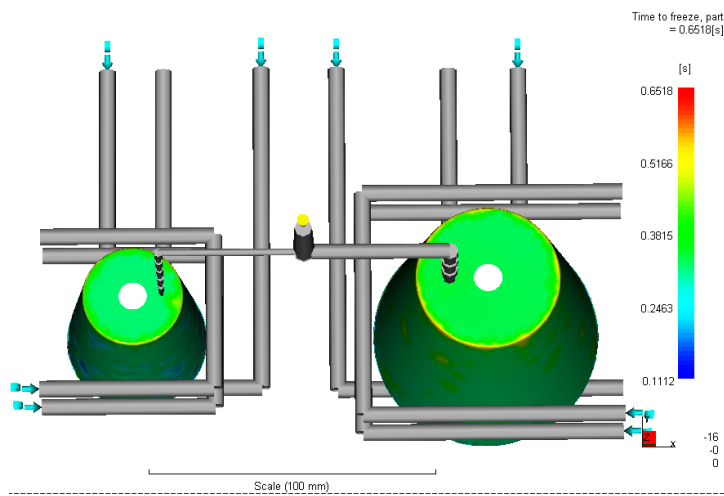
Hasil tersebut dipengaruhi oleh *layout cooling* sebagai berikut :

a. Analisa *layout cooling type 1*



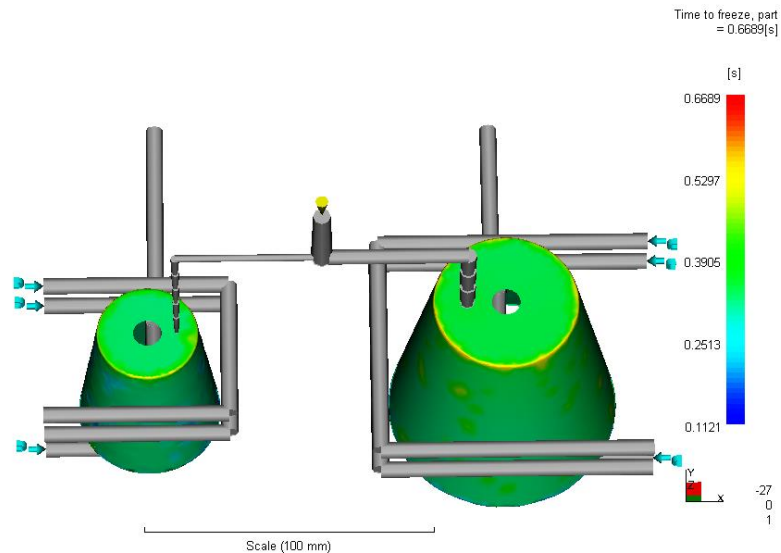
**Gambar 4.21** Hasil Analisa *Time To Freeze Part* dengan *Layout Cooling Type 1*

b. Analisa *layout cooling type 2*



**Gambar 4.22** Hasil Analisa *Time To Freeze Part* dengan *Layout Cooling Type 2*

c. Analisa *layout cooling type 3*



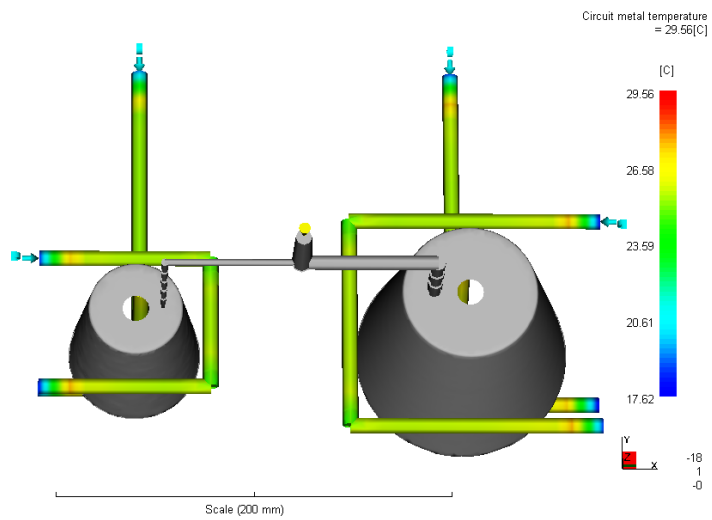
**Gambar 4.23** Hasil Analisa *Time To Freeze Part* dengan *Layout Cooling Type 3*

Hasil analisa diatas menunjukkan hasil yang signifikan, untuk hasil analisa *layout cooling 1* pada gambar 4.21 menunjukkan waktu pendinginan produk 0,6747 detik, untuk *layout cooling 2* pada gambar 4.22 menunjukkan waktu pendinginan produk 0,6518 detik, dan *layout cooling 3* pada gambar 4.23 menunjukkan waktu pendinginan produk 0,6689 detik. Dari hasil tersebut maka dengan *layout cooling type 2* adalah yang paling efisien dengan waktu 0,6518 detik untuk pendinginan produk.

2. *Circuit Metal Temperature*

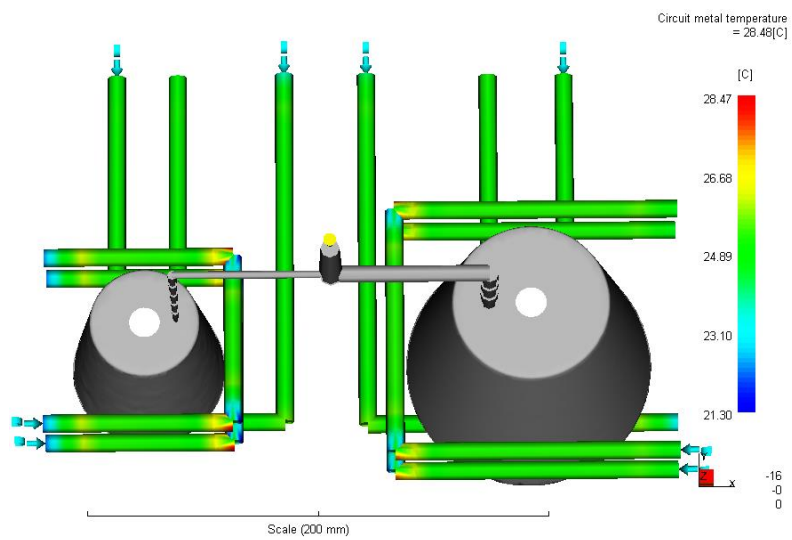
Analisa *circuit metal temperature* menjelaskan temperatur tertinggi di dalam *cooling* ketika melakukan proses pendinginan. *Circuit metal temperature* yang baik digunakan adalah yang memiliki temperatur rendah untuk menjaga fluida pendingin tidak cepat mengalami kenaikan suhu.

a. Analisa *layout cooling type 1*



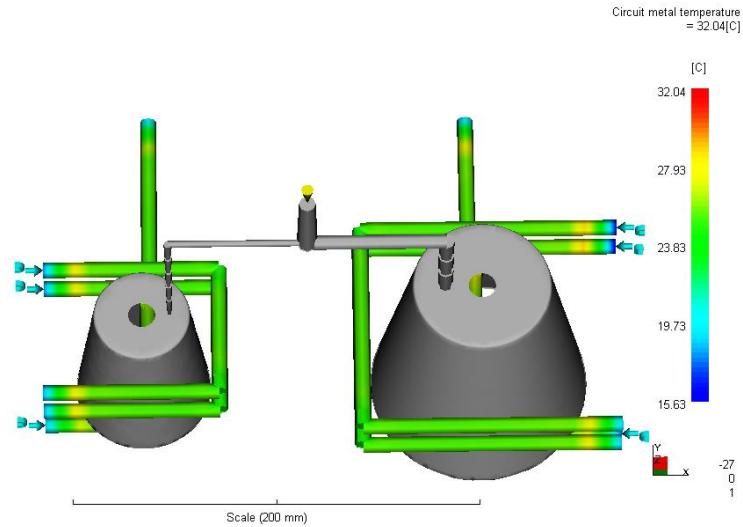
**Gambar 4.24** Hasil Analisa *Circuit Metal Temperature* dengan *Layout Cooling Type 1*

b. Analisa *layout cooling type 2*



**Gambar 4.25** Hasil Analisa *Circuit Metal Temperature* dengan *Layout Cooling Type 2*

c. Analisa *layout cooling type 3*



**Gambar 4.26** Hasil Analisa *Circuit Metal Temperature* dengan *Layout Cooling Type 3*

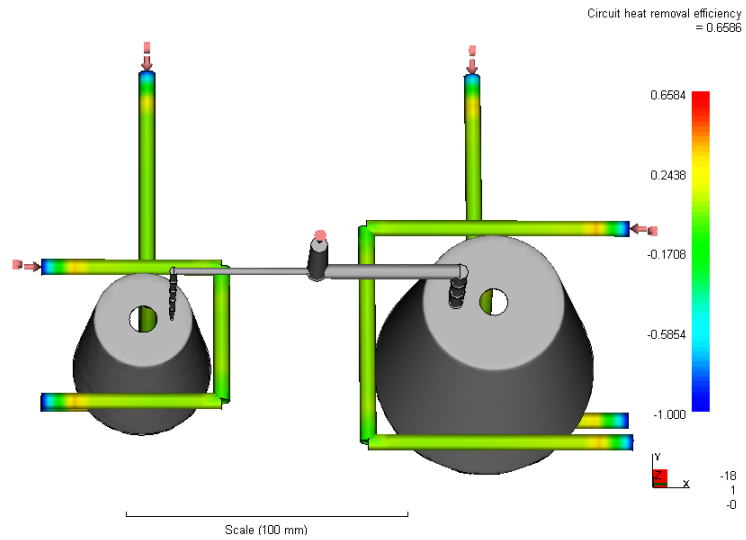
Hasil analisa pada gambar 4.24 *layout cooling type 1* didapatkan temperatur sebesar 29,56 °C, pada gambar 4.25 *layout cooling type 2* didapatkan temperature sebesar 28,47 °C, dan pada gambar 4.26 *layout cooling type 3* didapatkan temperatur sebesar 32,04 °C. Maka dari hasil yang didapat pada analisa *circuit metal temperature*, yang paling baik digunakan yaitu pada *layout cooling 2* dengan *circuit metal temperature* sebesar 28,47 °C.

3. *Circuit Heat Removal Efficiency*

*Circuit heat removal efficiency* yaitu efisiensi penyerapan panas oleh *cooling* dengan produk. Analisa tersebut berguna untuk mengidentifikasi bagian saluran *cooling* yang menghilangkan panas lebih banyak. Hasil analisa dapat dilihat pada gambar berikut :

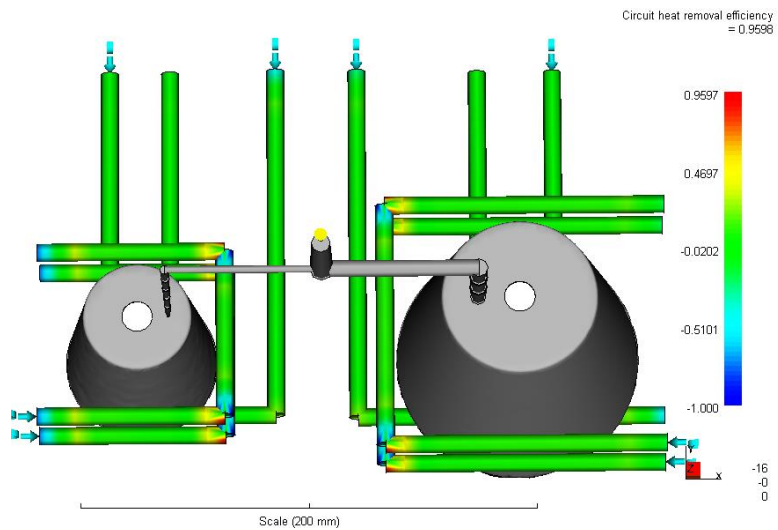


a. Analisa *layout cooling type 1*



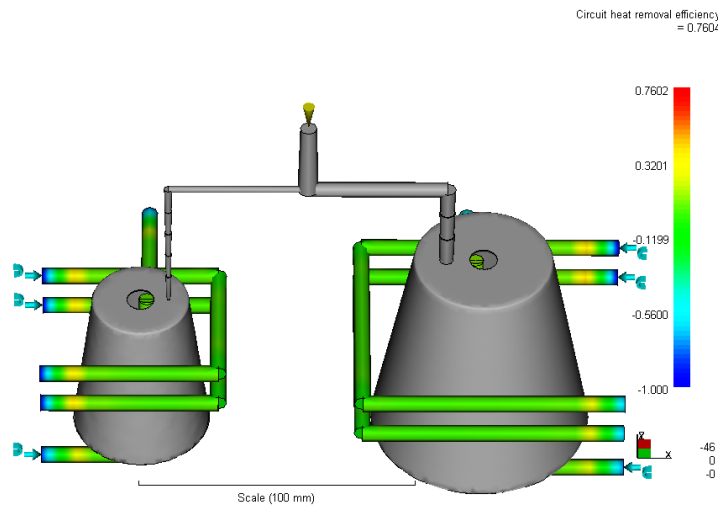
**Gambar 4.27** Hasil Analisa *Circuit Heat Removal Efficiency* dengan *Layout Cooling Type 1*

b. Analisa *layout cooling type 2*



**Gambar 4.28** Hasil Analisa *Circuit Heat Removal Efficiency* dengan *Layout Cooling Type 2*

c. Analisa *layout cooling type 3*



**Gambar 4.29** Hasil Analisa *Circuit Heat Removal Efficiency* dengan *Layout Cooling Type 3*

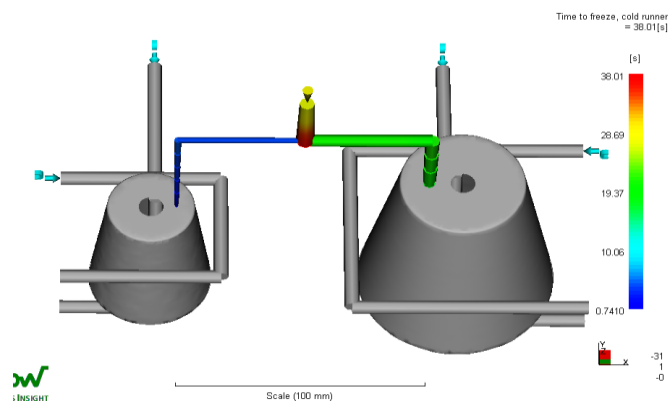
Hasil analisa *layout cooling 1* pada gambar 4.27 didapatkan efisiensi penyerapan panas mulai dari angka -1,00 hingga 0,658 yang menunjukkan perpindahan panas yang efektif. Analisa *layout cooling 2* pada gambar 4.28 menunjukkan hasil penyerapan panas mulai dari angka -1,00 hingga 0,959. Untuk *layout cooling 3* pada gambar 4.29 menunjukkan efisiensi penyerapan panas mulai dari angka -1,00 hingga 0,760.

Maka hasil simulasi terbaik yaitu ada pada *layout cooling 2* karena bagian saluran pendingin yang berwarna kuning memiliki efisiensi penyisihan panas sebesar 0,469. Untuk bagian berwarna biru muda pada *layout cooling 2* memiliki nilai penyerapan panas sebesar -0,510 yang berarti memiliki nilai efisiensi penyisihan panas yang buruk. Sehingga *cooling* yang memiliki penyerapan panas yang tinggi sangat direkomendasikan.

4. *Time To Freeze Cold Runner*

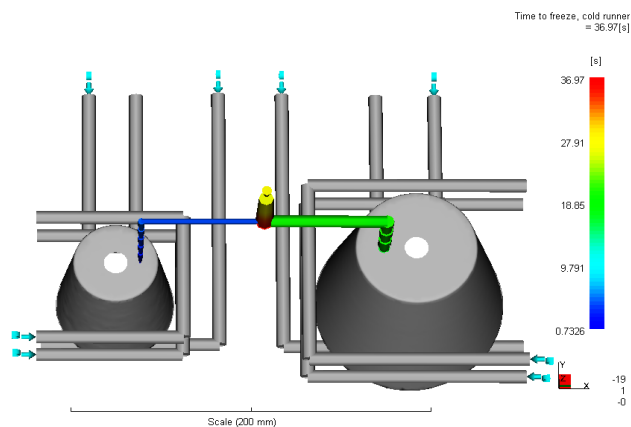
*Time to freeze cold runner* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur pendinginan pada *cold runner* sebelum proses ejsi. Semakin cepat waktu pendinginan semakin cepat waktu produksi. Maka dapat memberikan keuntungan lebih pada dunia industri saat melakukan poses produksi. Hasil dari simulasi *time to freeze* pada *layout cooling* dapat dilihat pada gambar berikut :

a. Analisa *layout cooling type 1*



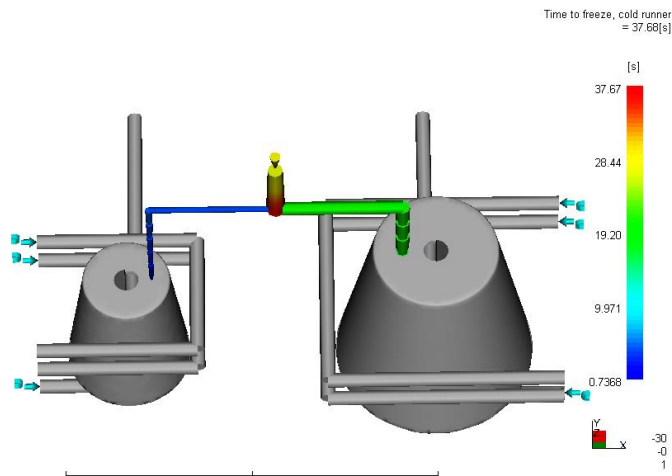
**Gambar 4.30** Hasil Analisa *Time To Freeze Cold Runner* dengan *Layout Cooling Type 1*

b. Analisa *layout cooling type 2*



**Gambar 4.31** Hasil Analisa *Time To Freeze Cold Runner* dengan *Layout Cooling Type 2*

c. Analisa *layout cooling type 3*



**Gambar 4.32** Hasil Analisa *Time To Freeze Cold Runner* dengan *Layout Cooling Type 3*

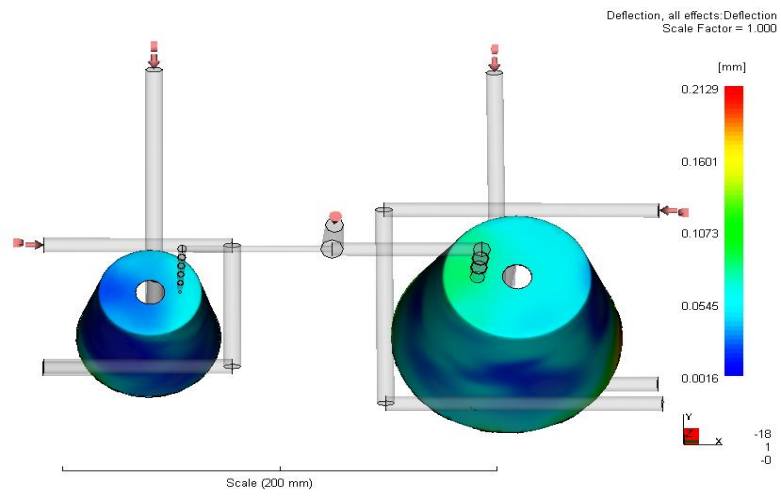
Hasil analisa diatas menunjukkan hasil yang signifikan, untuk hasil analisa *layout cooling 1* pada gambar 4.30 menunjukkan waktu pendinginan *cold runner* 38,01 detik, untuk *layout cooling 2* pada gambar 4.31 menunjukkan waktu pendinginan *cold runner* selama 36,97 detik, dan *layout cooling 3* pada gambar 4.32 menunjukkan waktu pendinginan *cold runner* selama 37,67 detik.

Dari hasil tersebut maka *layout cooling type 2* adalah yang paling efisien dengan waktu 36,97 detik untuk pendinginan *cold runner*.

## 5. *Deflection All Effect*

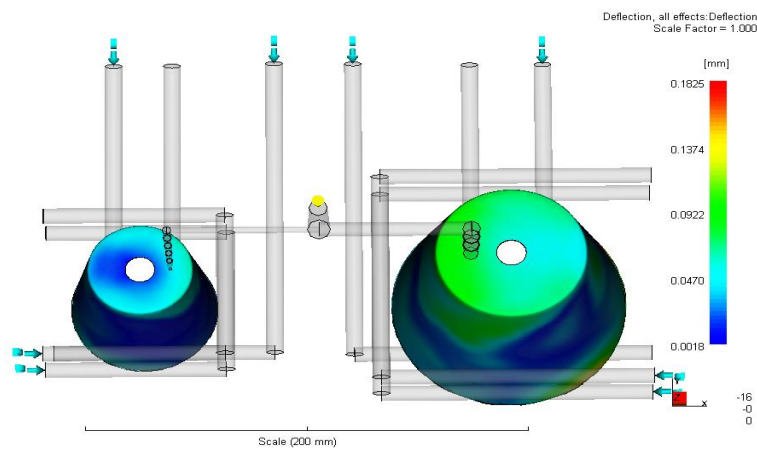
*Deflection all effect* dapat terjadi karena pengaruh sirkulasi pendinginan. Efek defleksi dapat terjadi akibat penempatan sirkulasi *cooling* yang kurang maksimal, sebaiknya untuk desain cetakan harus memilih jenis *cooling* yang meminimalkan efek defleksi dan mudah dalam proses machining. Hasil simulasi *deflection all effect* dapat dilihat pada gambar berikut :

### a. Analisa *layout cooling type 1*



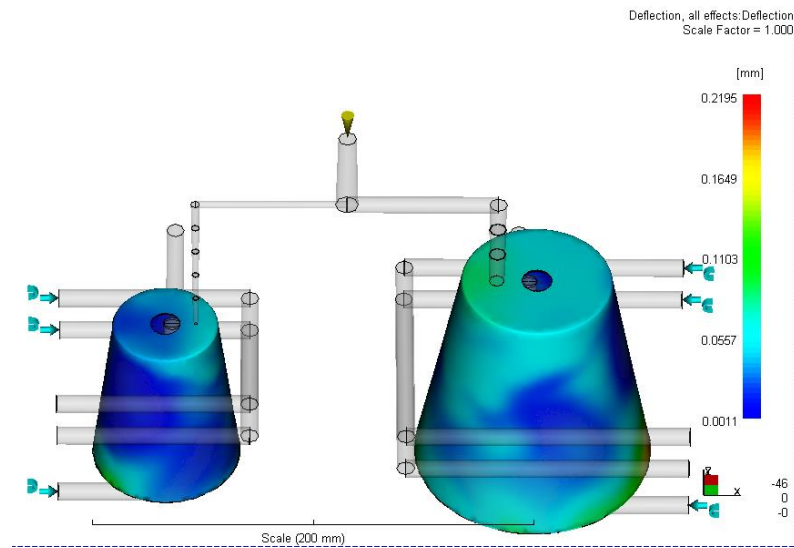
**Gambar 4.33** Hasil Analisa *Deflection All Effect* dengan *Layout Cooling Type 1*

b. Analisa *layout cooling type 2*



**Gambar 4.34** Hasil Analisa *Deflection All Effect* dengan *Layout Cooling Type 2*

c. Analisa *layout cooling type 3*



**Gambar 4.35** Hasil Analisa *Deflection All Effect* dengan *Layout Cooling Type 3*

Hasil simulasi *layout cooling 1* pada gambar 4.33 menunjukkan defleksi sebesar 0,212 mm. Hasil simulasi dari *layout cooling 2* pada gambar 4.34 menunjukkan defleksi sebesar 0,182 mm. Hasil dari *layout cooling 3* pada gambar 4.35 menunjukkan hasil defleksi sebesar 0,219 mm. Maka untuk defleksi yang baik digunakan yaitu pada *layout cooling 2* dengan besar defleksi 0,182 mm. *Layout cooling 2* termasuk pada pemilihan jenis *cooling* yang meminimalkan efek defleksi dengan baik, karena hasil simulasi menghasilkan efek defleksi yang paling kecil dibanding dengan dua variasi *layout cooling* yang lain.

Untuk pemilihan *layout cooling* dipilih *layout cooling type 2*, karena *layout cooling* tersebut menghasilkan hasil simulasi *Circuit metal temperature* sebesar 28,47 °C, *Circuit heat removal efficiency* sebesar 0,95, *Time to freeze cold runner* sebesar 36,97 detik, dan *Deflection all effect* sebesar 0,18 mm. Diantara 3 *layout cooling* maka dipilih *layout cooling type 2* yang paling efisien dan baik digunakan pada cetakan *flexyble cup seedling*

Dari beberapa hasil analisa dapat dibandingkan pada tabel berikut :

**Tabel 4.2 Data Hasil Perbandingan Analisa 3 Jenis *Layout Cooling***

No.	Analisa	<i>Layout Cooling 1</i>	<i>Layout Cooling 2</i>	<i>Layout Cooling 3</i>
1.	<i>Time to freeze part</i>	0,6747 s	0,6518 s	0,6689 s
2.	<i>Circuit metal temperature</i>	29,56 °C	28,47 °C	32,04 °C
3.	<i>Circuit heat removal efficiency</i>	0,243	0,469	0,320
4.	<i>Time to freeze cold runner</i>	38,01 s	36,97 s	37,67 s
5.	<i>Defflection all effect</i>	0,212	0,182	0,219

Hasil perbandingan pada 3 jenis *layout cooling* sangat signifikan. Akan tetapi jika dilihat dari hasil yang telah diperoleh dari simulasi, untuk parameter *time to freeze part*, *circuit metal temperature*, *circuit heat removal efficiency*, *time to freeze cold runner* dan *deflection all effect*, *layout cooling 2* mempunyai hasil yang lebih baik dari 2 jenis variasi *layout cooling* yang lain.

Untuk pemilihan *layout cooling* dipilih *layout cooling type 2*, karena *layout cooling* tersebut menghasilkan hasil simulasi *Circuit metal temperature* sebesar 28,47 °C, *Circuit heat removal efficiency* sebesar 0,95, *Time to freeze cold runner* sebesar 36,97 detik, dan *Defflection all effect* sebesar 0,18 mm. Diantara 3 *layout cooling* maka dipilih *layout cooling type 2* yang paling efisien dan baik digunakan pada cetakan *flexyble cup seedling*.

**Tabel 4.3 Hasil Rekomendasi *Layout Cooling***

<i>Type Layout Cooling</i>	Analisa	Rekomendasi	
		Ya	Tidak
<i>Type 1</i>	<i>Time to freeze</i>		√
	<i>Circuit metal temperature</i>		√
	<i>Circuit heat removal efficiency</i>		√
	<i>Time to freeze cold runner</i>		√
	<i>Deflection all effect</i>		√
<i>Type 2</i>	<i>Time to freeze</i>	√	
	<i>Circuit metal temperature</i>	√	
	<i>Circuit heat removal efficiency</i>	√	
	<i>Time to freeze cold runner</i>	√	
	<i>Deflection all effect</i>	√	
<i>Type 3</i>	<i>Time to freeze</i>		√
	<i>Circuit metal temperature</i>		√
	<i>Circuit heat removal efficiency</i>		√
	<i>Time to freeze cold runner</i>		√
	<i>Deflection all effect</i>		√

Berdasarkan hasil analisa dan perbandingan *layout cooling* di atas, maka di pilih *layout cooling* yang optimal dan terbaik yaitu *layout cooling type 2*.

#### 4.7 Perhitungan Perancangan Cetakan

##### A. Perhitungan Diameter Minimal *Gate*

Perhitungan diameter *gate* juga dipengaruhi oleh *shear rate* atau laju aliran material. Diameter *share rate* juga perlu dipertimbangkan, karena akan mempengaruhi proses pembuatan produk. Lebih besar diameter *share rate* dibanding diameter *gate* akan menyebabkan efek pelepasan produk dengan *gate* susah untuk dilepaskan. Maka diasumsikan diameter *share rate* lebih kecil dari diameter *gate* atau mendekati diameter *gate* agar *gate* dan produk dapat dilepaskan dengan mudah. *Share rate* maksimum adalah batas maksimal *share rate* dari material yang digunakan per detik. Jika melebihi *share rate* maksimum maka dapat mengakibatkan cacat produk.



Process parameters :	
Fill time	= 0.3779 s
Injection time has been determined by automatic calculation.	
Stroke volume determination	= Automatic
Cooling time	= 20.0000 s
Velocity/pressure switch-over by % volume	= 99.0000 %
Packing/holding time	= 10.0000 s
Ram speed profile (rel):	
Total number of elements	= 21111
Number of part elements	= 21076
Number of sprue/runner/gate elements	= 35
Number of channel elements	= 0
Number of connector elements	= 0
Average aspect ratio of triangle elements	= 1.8794
Maximum aspect ratio of triangle elements	= 118.3520
Minimum aspect ratio of triangle elements	= 1.1575
Total volume	= 17.1462 cm <sup>3</sup>
Volume filled initially	= 0.0000 cm <sup>3</sup>
Volume to be filled	= 17.1462 cm <sup>3</sup>
Sprue/runner/gate volume to be filled	= 3.5545 cm <sup>3</sup>
Total projected area	= 71.7129 cm <sup>2</sup>

**Gambar 4.36** Proses parameter pada aplikasi  *moldflow*

Mold surface temperature	40	C
Melt temperature	220	C
Mold temperature range (recommended)		
Minimum	20	C
Maximum	70	C
Melt temperature range (recommended)		
Minimum	180	C
Maximum	280	C
Absolute maximum melt temperature	320	C
Ejection temperature	80	C
Maximum shear stress	0.11	MPa
Maximum shear rate	40000	1/s

**Gambar 4.37** Parameter suhu material LDPE

Diketahui :

- Tebal produk = 0,5 mm dan diameter *gate* asumsi = 0,4 mm = 0,04 cm
- *r* asumsi diameter *gate* < tebal produk
- *r* = 0,02 cm
- volume total = 17,146 cm<sup>3</sup>
- *fill time* = 0,37 s
- *maximum shear rate material* = 40000 1/s

Ditanya :

- *Shear rate* diameter 0,4....?

Jawab :

$$r = \sqrt[3]{\frac{4Q}{\pi \cdot \text{shear rate}}}$$

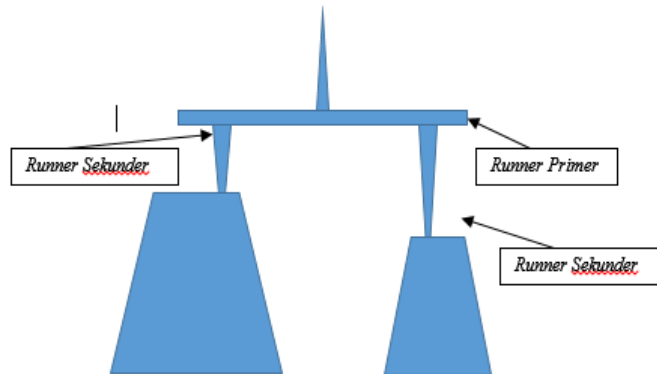
- $Shear\ rate = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot r^3}$
- $Q = \frac{volume\ total}{injection\ time}$
- $Q = \frac{17,146\ cm^3}{0,37\ s} = 46,34\ cm^3/s$
- $Shear\ rate = \frac{4 \cdot 46,34\ cm^3/s}{\pi \cdot (0,02\ cm)} = 2950,1\ 1/s < 40000\ 1/s$  dengan asumsi diameter paling mendekati tebal produk didapatkan *shear rate max* pada diameter 0,4 mm adalah 2950,1 1/s.

## B. Perhitungan Diameter Minimal *Runner*

Perhitungan diameter minimal *runner* diperlukan untuk mengetahui diameter minimal *runner* dengan spesifikasi produk yang akan dibuat dan spesifikasi material yang digunakan.

Density	0.894 g/cm <sup>3</sup>		Requested Accuracy	Low	
General Properties					
Mass	0.002 kg (Relative)		Center of Gravity X	-6.836 mm (Relative)	
Area	1877.085 mm <sup>2</sup> (R)		Y	-114.884 mm (Rela)	
Volume	2248.775 mm <sup>3</sup> (R)		Z	18.750 mm (Relativ)	
Inertial Properties					
Principal		Global	Center of Gravity		
Principal Moments					
I1	0.217 kg mm <sup>2</sup>	I2	0.499 kg mm <sup>2</sup>	I3	0.707 kg mm <sup>2</sup>
Rotation to Principal					
Rx	0.00 deg (Relat)	Ry	-0.00 deg (Rela)	Rz	-17.88 deg (Rel)

**Gambar 4.38** Parameter *runner*



**Gambar 4.39** Skech dan bagian runner

- $\rho$  material PE = 0,94 g/cm<sup>3</sup>
- V = 2248,77 mm<sup>3</sup> = 2,24877 cm<sup>3</sup>
- L ( Panjang Runner ) = runner primer 62 mm & runner sekunder a = 17 mm, runner sekunder b = 42 mm.
- W = V ·  $\rho$  material PE = 2,25 cm<sup>3</sup> · 0,94 g/cm<sup>3</sup> = 2,115 g

Ditanya :

- Diameter minimal runner primer ?
- Diameter minimal runner sekunder a dan b ?

Jawab :

- $D = \frac{W^{\frac{1}{2}} \cdot L^{\frac{1}{4}}}{3,7}$
- D runner primer =  $\frac{2,11382^{\frac{1}{2}} \cdot 62^{\frac{1}{4}}}{3,7} = 1,1$  mm (diameter minimal)
- D runner sekunder a =  $\frac{2,11382^{\frac{1}{2}} \cdot 17^{\frac{1}{4}}}{3,7} = 0,79$  mm (diameter minimal)
- D runner sekunder b =  $\frac{2,11382^{\frac{1}{2}} \cdot 42^{\frac{1}{4}}}{3,7} = 1,03$  mm (diameter minimal)

Pemilihan desain diameter runner harus lebih besar dari diameter minimal runner, agar pada saat proses pengisian cavity dapat terisi penuh secara optimal dan waktu pengisian yang efisien. Untuk desain maka dipilih diameter runner primer sebesar 6 mm dan runner sekunder sebesar 6 mm, diameter tersebut belum menggunakan sistem runner balance.

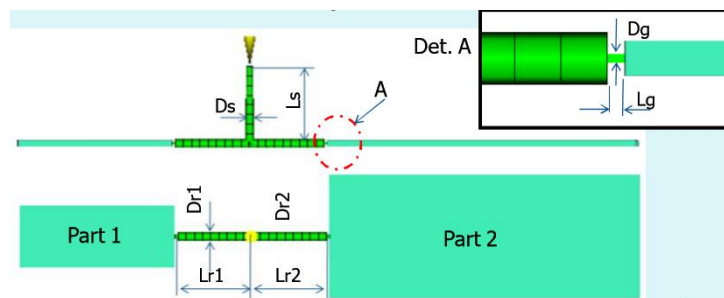
### C. Perhitungan Runner Balance

Untuk perhitungan pada *runner balance* menggunakan simulasi pada aplikasi *Moldflow*. Perhitungan *runner balance* berguna untuk mengetahui *filling analysis* dan *residual stress analysis* yang terjadi saat proses injeksi.

Perhitungan diameter *runner* dan *runner balance* diperlukan agar saat proses injeksi *cavity* dapat terisi dengan bersamaan.

Diketahui :

- Berat Part 1 = 0,23 g dan Berat Part 2 = 0,49 g
- Berat total = 0,72 g
- Waktu injeksi pengisian = 0,46 detik
- Diameter *sprue* = 6 mm, dengan panjang *sprue* 30 mm
- Panjang kanal 1 = 31 mm, dengan diameter = 6 mm
- Panjang kanal 2 = 31 mm
- Panjang *gate* = 2,71 mm, diameter = 1 mm



**Gambar 4.40** Dimensi bagian *runner*

Ditanya : - *Filling analysis* dan *Residual stress analysis* ?

Jawab :

Simulasi *Filling analysis* dan *Residual stress analysis*

```

Process settings :
Machine parameters :
-----
Maximum machine clamp force           = 7.0002E+03 tonne
Maximum injection pressure             = 1.8000E+02 MPa
Maximum machine injection rate         = 5.0000E+03 cm3/s
Machine hydraulic response time        = 1.0000E-02 s

Process parameters :
-----
Fill time                              = 0.3779 s
Injection time has been determined by automatic calculation.
Stroke volume determination            = Automatic
Cooling time                           = 20.0000 s

Velocity/pressure switch-over by % volume = 99.0000 %
Packing/holding time                   = 10.0000 s
Ram speed profile (rel):
% shot volume                          % ram speed
-----
100.0000                               100.0000
0.0000                                  100.0000
Pack/hold pressure profile (rel):
duration % filling pressure
-----
0.0000 s                                100.0000
10.0000 s                               100.0000
20.0000 s                                0.0000

Ambient temperature                     = 25.0000 C
Melt temperature                        = 220.0000 C
Ideal cavity-side mold temperature      = 40.0000 C
Ideal core-side mold temperature        = 40.0000 C

NOTE: Mold wall temperature data from cooling analysis not available

```

**Gambar 4.41** Proses setting simulasi aplikasi  *moldflow*

```

Model details :
Mesh Type                               = Fusion
Match ratio                             = 93.0 %
Reciprocal match ratio                   = 91.6 %
Total number of nodes                    = 10572
Total number of injection location nodes = 1
The injection location node labels are:
Total number of elements                  = 10542
Number of part elements                   = 21111
Number of sprue/runner/gate elements     = 21076
Number of channel elements                = 35
Number of connector elements              = 0
Parting plane normal                     (dx) = 0.0000
                                           (dy) = 0.0000
                                           (dz) = 1.0000
Average aspect ratio of triangle elements = 1.8794
Maximum aspect ratio of triangle elements = 118.3520
Element number with maximum aspect ratio = 3
Minimum aspect ratio of triangle elements = 1.1575
Element number with minimum aspect ratio  = 3536
Total volume                             = 17.1462 cm3
Volume filled initially                   = 0.0000 cm3
Volume to be filled                       = 17.1462 cm3
Part volume to be filled                  = 10.5917 cm3
Sprue/runner/gate volume to be filled    = 3.5545 cm3
Total projected area                       = 71.7129 cm2

```

**Gambar 4.42** Model detail simulasi aplikasi  *moldflow*



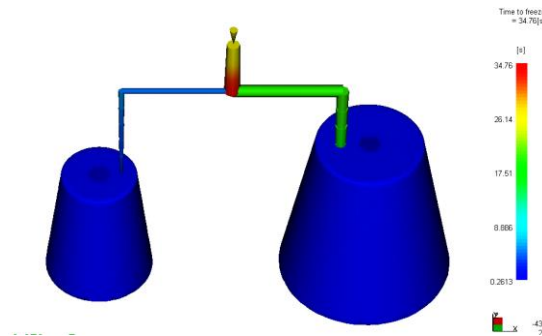
Filling phase results summary for the part :			
Bulk temperature - maximum	(at 0.416 s)	=	225.2800 C
Bulk temperature - 95th percentile	(at 0.095 s)	=	220.3820 C
Bulk temperature - 5th percentile	(at 0.446 s)	=	131.6370 C
Bulk temperature - minimum	(at 0.446 s)	=	118.5980 C
Wall shear stress - maximum	(at 0.446 s)	=	0.5701 MPa
Wall shear stress - 95th percentile	(at 0.095 s)	=	0.2669 MPa
Shear rate - maximum	(at 0.114 s)	=	1.2971E+05 1/s
Shear rate - 95th percentile	(at 0.095 s)	=	9.8436E+04 1/s
End of filling phase results summary for the part :			
Total part weight		=	11.6575 g
Bulk temperature - maximum		=	221.8460 C
Bulk temperature - 95th percentile		=	212.2380 C
Bulk temperature - 5th percentile		=	131.6420 C
Bulk temperature - minimum		=	118.6260 C
Bulk temperature - average		=	165.9880 C
Bulk temperature - RMS deviation		=	26.1743 C
Wall shear stress - maximum		=	0.5701 MPa
Wall shear stress - 95th percentile		=	0.2358 MPa
Wall shear stress - average		=	0.1323 MPa
Wall shear stress - RMS deviation		=	0.0578 MPa
Frozen layer fraction - maximum		=	0.3396
Frozen layer fraction - 95th percentile		=	0.2744
Frozen layer fraction - 5th percentile		=	0.0856
Frozen layer fraction - minimum		=	0.0000
Frozen layer fraction - average		=	0.1916
Frozen layer fraction - RMS deviation		=	0.0563
Shear rate - maximum		=	6.0486E+04 1/s
Shear rate - 95th percentile		=	4262.7700 1/s
Shear rate - average		=	1688.8600 1/s
Shear rate - RMS deviation		=	2316.6499 1/s

Gambar 4.45 Filling phase result summary for the part simulasi aplikasi moldflow

Filling phase results summary for the runner system :			
Bulk temperature - maximum	(at 0.416 s)	=	225.2960 C
Bulk temperature - 95th percentile	(at 0.416 s)	=	222.2470 C
Bulk temperature - 5th percentile	(at 0.446 s)	=	219.7260 C
Bulk temperature - minimum	(at 0.076 s)	=	219.4180 C
Wall shear stress - maximum	(at 0.114 s)	=	1.2388 MPa
Wall shear stress - 95th percentile	(at 0.397 s)	=	0.1323 MPa
Shear rate - maximum	(at 0.397 s)	=	1.4454E+05 1/s
Shear rate - 95th percentile	(at 0.416 s)	=	1.2448E+04 1/s
End of filling phase results summary for the runner system :			
Total sprue/runner/gate weight		=	2.9535 g
Bulk temperature - maximum		=	223.3070 C
Bulk temperature - 95th percentile		=	221.3340 C
Bulk temperature - 5th percentile		=	219.7260 C
Bulk temperature - minimum		=	219.6700 C
Bulk temperature - average		=	219.9720 C
Bulk temperature - RMS deviation		=	0.5875 C
Wall shear stress - maximum		=	0.1244 MPa
Wall shear stress - 95th percentile		=	0.0591 MPa
Wall shear stress - average		=	0.0430 MPa
Wall shear stress - RMS deviation		=	0.0097 MPa
Frozen layer fraction - maximum		=	0.0781
Frozen layer fraction - 95th percentile		=	0.0752
Frozen layer fraction - 5th percentile		=	0.0404
Frozen layer fraction - minimum		=	0.0404
Frozen layer fraction - average		=	0.0600
Frozen layer fraction - RMS deviation		=	0.0125
Shear rate - maximum		=	2.0647E+04 1/s
Shear rate - 95th percentile		=	1819.8900 1/s
Shear rate - average		=	1085.1400 1/s
Shear rate - RMS deviation		=	552.8140 1/s

Gambar 4.46 Filling phase result for the runner system simulasi aplikasi moldflow

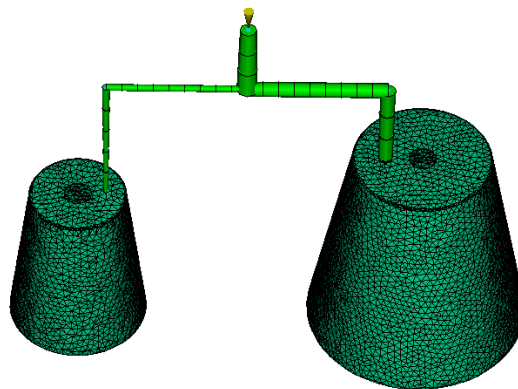
Hasil : - Time to freeze



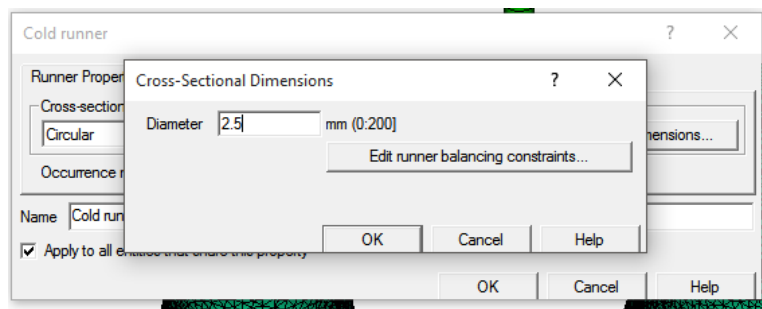
**Gambar 4.47** *Time to freeze* simulasi aplikasi  *moldflow*

Hasil *Time to freeze* runner dan produk didapat sebesar 34,76 detik. Pendinginan ini masih tanpa *cooling system*.

Diameter *runner* setelah melalui sistem *runner balance* menjadi sebesar 2,5 mm dan 5,45 mm. seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut :

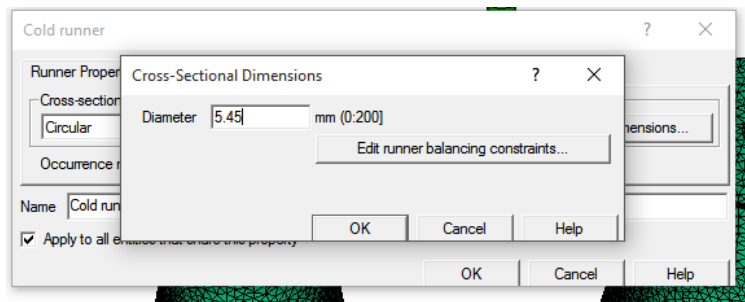


**Gambar 4.48** Hasil *runner balance* simulasi aplikasi  *moldflow*



**Gambar 4.49** Parameter diameter *runner sekunder part* ukuran kecil simulasi aplikasi  *moldflow*





**Gambar 4.50** Parameter diameter *runner sekunder* part ukuran sedang simulasi aplikasi *moldflow*

Untuk diameter *runner* pada produk berukuran kecil setelah melalui sistem *runner balance* sebesar 2,5 mm dan untuk produk berukuran sedang sebesar 5,45 mm. Diameter *runner* harus melalui proses *runner balance* agar saat pengisian berlangsung dapat terisi dan selesai secara bersamaan. Hal tersebut akan berpengaruh pada waktu pengisian dan waktu pendinginan produk.

#### D. Perhitungan *Clamping Force*

Sebelum melakukan perhitungan *clamping force*, untuk mencari tekanan *cavity* pada material Polyethylene LDPE lalu mencari nilai dari area proyeksi. Tekanan *cavity* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.4** Tabel propertis aplikasi bahan material plastik (Budiyantoro, 2017)

Aplikasi	Bahan	Tekanan Injeksi (bar)	Tekanan Cavity (bar)
Part Besar (Berat)	Umum	800 - 1100	200 - 500
Part Sederhana	PS, PE, PP	1000 - 1300	250 - 400
<b>Kemasan, Dinding Tipis</b>	<b>PE, PS, PP</b>	<b>1300 - 1800</b>	<b>500 - 700</b>
Part datar - besar (misal dashboard atau bumper)	PP, Blend	1200 - 1500	400 - 500
Part Teknik Yang Presisi	ABS, PA 6, PA 66, PC, PBT	1200 - 1700	300 - 500
Micro Part	PC, PA, PBT, High Tech Plastic	1400 - 1700	500 - 800

Sesuai dengan spesifikasi produk maka dari tabel diatas dipilih Tekanan *cavity* sebesar 500 – 700 bar dari pengaplikasian material PE untuk produk berdinding tipis.

Diketahui :



= 62 ton

Untuk faktor keamanan maka *clamping force* dinaikan sebesar 20%. Jadi besar *clamping force* untuk produk *flexible cup seedling* sebesar 62 ton.

- $F_c$  : Clamping Force
- $A_p$  : Area Proyeksi
- $P_c$  : Tekanan Cavity
- $r$  : Diameter kecil
- $R$  : Diameter besar

#### E. Perhitungan *Pin Ejector*

Perhitungan *pin ejector* berguna untuk mengetahui beban *pin ejector* untuk mengeluarkan produk. Produk mempunyai dimensi yang berbeda, maka parameter dan dimensi *pin ejector* juga dibedakan sesuai dengan dimensi produk.

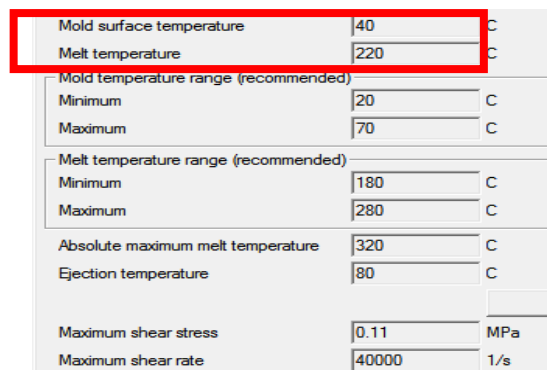
**Tabel 4.5 Tabel propertis aplikasi bahan material plastik (Budiyantoro, 2017)**

Bahan	Modulus Elastisitas (E) (N/mm <sup>2</sup> )	Koefisien Ekspansi Thermal (°C)	Suhu Cairan (°C)	Suhu Cetakan (°C)	Koefisien Gesek (μ)	Poisson Ratio (γ)
PP	1340	0,00018	235	35		0,392
PE - LDPE	200	0,00023	220	40	0,2	0,41
HDPE	1000	0,00013	260	40		0,42
U PVC	3150	0,00008				
P PVC	275,76					
PMMA	3300	0,00007				
PS	3300	0,00007	230	40	0,35	0,35
ABS	2300	0,00009	250	50		0,4
PA 66	3100	0,0000085	290	50	0,35	0,4
PA 6	3190	0,0001	265	90	0,24	0,33
POM homo	4500	0,00012	200	90	0,25	0,42
POM copo	2550,78					0,42

Lanjutan dari **Tabel 4.5**

Bahan	Modulus Elastisitas	Koefisien Ekspansi Thermal	Suhu Cairan	Suhu Cetakan	Koefisien Gesek	Poisson Ratio
-------	---------------------	----------------------------	-------------	--------------	-----------------	---------------

	(E) (N/mm <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(°C)	(μ)	(γ)
PC	2380	0,000065	340	130	0,5	0,4
PAN	3447		235	35		0,392



**Gambar 4.51** Parameter suhu material dan cetakan plastik pada aplikasi *moldflow*

#### A. *Pin Ejector* Produk Ukuran Sedang

Diketahui :

- Diameter *Pin* (D) : 4 mm
- Panjang Bebas *Pin* (L) : 231 mm
- Jumlah *ejector* (m) : 2
- Tebal Produk (t) : 0,5 mm
- Keliling *cavity* (d) :  $2 \cdot (\pi \cdot D) = 2 \cdot (\pi \cdot 4) = 25,13$  mm
- Luas bidang *cavity* (A) :  $\pi \cdot r^2 = (\pi \cdot 2^2) = 12,56$  mm
- Koefisien gesek material LDPE ( $\mu$ ) : 0,2
- Koefisien ekspansi thermal : 0,00023 °C
- Poisson ratio* ( $\gamma$ ) : 0,41
- Suhu cair material LDPE : 220 °C
- Suhu *Mold* : 40 °C
- Beda temperature ( $\Delta T$ ) : 220 °C – 40 °C = 180 °C
- *E* material *Pin* (SKH51) : 210000 Mpa
- Tegangan luluh material SKH51 ( $\sigma_y$ ) : 550 Mpa
- E* material LDPE : 0,3 Gpa = 3000 Mpa
- Tekanan *cavity* : 700 bar = 70 N/mm<sup>2</sup>

-Moment Inertia ( $I$ ) 
$$: \frac{(\pi \cdot D^4)}{64} = \frac{(\pi \cdot 4^4)}{64} = 12,57 \text{ mm}^4$$

-Kontraksi thermal terhadap keliling ( $St$ )

$$\begin{aligned} St &= (d \cdot \text{koefisien ekspansi thermal PE} \cdot \Delta T) \\ &= (25,13 \text{ mm} \cdot 0,00023 \text{ }^\circ\text{C} \cdot 180 \text{ }^\circ\text{C}) \\ &= 1,04 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditanya :

- Gaya *buckling* ?
- tekanan *cavity* terhadap permukaan *ejector* ?
- Ejection load* ?

(*Ejection Load* < Gaya *Cavity* terhadap permukaan *ejector* < Gaya *Buckling*) agar dikatakan aman.

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a) Gaya Buckling} &= \frac{m \cdot \pi^2 \cdot E \text{ material SKH51} \cdot I}{L^2} \\ &= \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 210000 \text{ Mpa} \cdot 12,57 \text{ mm}^4}{231^2} \\ &= 976,48 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Gaya Cavity terhadap permukaan ejector} &= \text{Tekanan cavity} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \\ &= 70 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{\pi \cdot (4 \text{ mm})^2}{4} \\ &= 879,65 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Ejection Load} &= \frac{St \cdot E \text{ modulus LDPE} \cdot A \cdot \mu}{d \cdot \left( \frac{d}{2 \cdot t} - \frac{d}{4 \cdot t} \right) \cdot \gamma} \\ &= \frac{1,04 \text{ mm} \cdot 3000 \text{ Mpa} \cdot 12,56 \text{ mm} \cdot 0,2}{25,13 \text{ mm} \cdot \left( \frac{25,13 \text{ mm}}{2 \cdot 0,5} - \frac{25,13 \text{ mm}}{4 \cdot 0,5} \right) \cdot 0,41} \\ &= 60,53 \text{ N} \end{aligned}$$

Hasil : Dari hasil perhitungan diatas untuk desain *pin ejector* dinyatakan aman, karena hasil perhitungan *ejection load* dan gaya *cavity* lebih kecil dari hasil perhitungan gaya *buckling* dan tidak melebihi dari tegangan luluh material SKH51 sebesar 550 Mpa. Karena jika melebihi tegangan luluh maka akan terjadi efek *buckling* pada *pin ejector*.

B. *Pin Ejector* Produk Ukuran Sedang

Diketahui :

- Diameter *Pin* (D) : 4 mm
- Panjang Bebas Pin (L) : 235 mm
- Jumlah *ejector* (m) : 2
- Tebal Produk (t) : 0,5 mm
- Keliling *cavity* (d) :  $2 \cdot (\pi \cdot D) = 2 \cdot (\pi \cdot 4) = 25,13 \text{ mm}$
- Luas bidang *cavity* (A) :  $\pi \cdot r^2 = (\pi \cdot 2^2) = 12,56 \text{ mm}^2$
- Koefisien gesek material LDPE ( $\mu$ ) : 0,2
- Koefisien ekspansi thermal : 0,00023 °C
- Poisson ratio* ( $\gamma$ ) : 0,41
- Suhu cair material LDPE : 220 °C
- Suhu *Mold* : 40 °C
- Beda temperature ( $\Delta T$ ) :  $220 \text{ °C} - 40 \text{ °C} = 180 \text{ °C}$
- *E* material Pin (SKH51) : 210000 Mpa
- Tegangan luluh material SKH51 ( $\sigma_y$ ) : 550 Mpa
- E* material LDPE : 0,3 Gpa = 3000 Mpa
- Tekanan *cavity* : 700 bar = 70 N/mm<sup>2</sup>
- Moment Inertia (I) :  $\frac{(\pi \cdot D^4)}{64} = \frac{(\pi \cdot 4^4)}{64} = 12,57 \text{ mm}^4$
- Kontraksi thermal terhadap keliling (St)

$$\begin{aligned} St &= (d \cdot \text{koefisien ekspansi thermal PE} \cdot \Delta T) \\ &= (25,13 \text{ mm} \cdot 0,00023 \text{ °C} \cdot 180 \text{ °C}) \\ &= 1,04 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditanya :

- a. Gaya *buckling* ?
- b. tekanan *cavity* terhadap permukaan *ejector* ?
- c. *Ejection load* ?

(*Ejection Load* < Gaya *Cavity* terhadap permukaan *ejector* < Gaya *Buckling*) agar dikatakan aman.

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a) Gaya Buckling} &= \frac{m \cdot \pi^2 \cdot E \text{ material SKH51} \cdot I}{L^2} \\ &= \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 210000 \text{ Mpa} \cdot 12,57 \text{ mm}^4}{235^2} \\ &= 943,52 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Gaya Cavity terhadap permukaan ejector} &= \text{Tekanan cavity} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \\ &= 70 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{\pi \cdot (4 \text{ mm})^2}{4} \\ &= 879,65 \text{ N} \end{aligned}$$

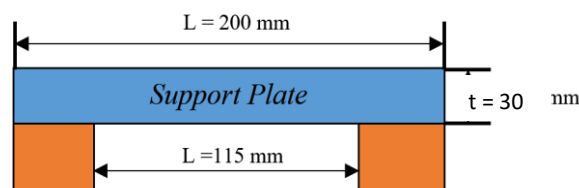
$$\begin{aligned} \text{c) Ejection Load} &= \frac{St \cdot E \text{ modulus LDPE} \cdot A \cdot \mu}{d \cdot \left( \frac{d}{2 \cdot t} - \frac{d}{4 \cdot t} \right) \cdot \gamma} \\ &= \frac{1,04 \text{ mm} \cdot 3000 \text{ Mpa} \cdot 12,56 \text{ mm} \cdot 0,2}{25,13 \text{ mm} \cdot \left( \frac{25,13 \text{ mm}}{2 \cdot 0,5} - \frac{25,13 \text{ mm}}{4 \cdot 0,5} \right) \cdot 0,41} \\ &= 60,53 \text{ N} \end{aligned}$$

Hasil : Dari hasil perhitungan diatas untuk desain *pin ejector* dinyatakan aman, karena hasil perhitungan *ejection load* dan gaya *cavity* lebih kecil dari hasil perhitungan gaya *buckling* dan tidak melebihi dari tegangan luluh material SKH51 sebesar 550 Mpa. Karena jika melebihi tegangan luluh maka akan terjadi efek *buckling* pada *pin ejector*.

#### F. Perhitungan *Support Plate*

Perhitungan *support plate* diperlukan untuk mengetahui seberapa kuat *support plate* menahan gaya yang terjadi dan apakah *support plate* tersebut aman digunakan tanpa penambahan *support bolt*.

Diketahui :



**Gambar 4.52** Parameter susunan *support plate* dan *distance block*

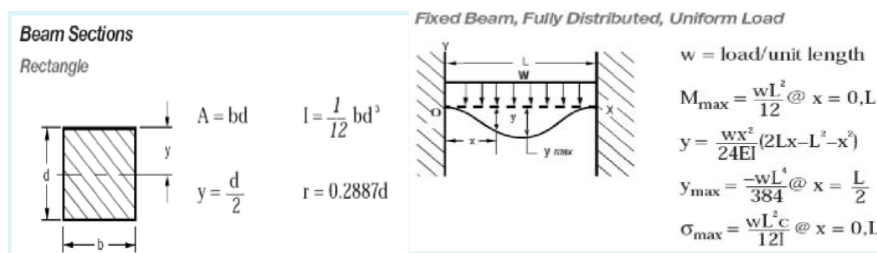
- Panjang *support plate* (L) : 200 mm
- Lebar *support plate* (d) : 200 mm
- Tebal *support plate* (t) : 30 mm
- Jarak antara *distance block* (L) : 115 mm
- Tekanan *cavity* (Pc) : 700 bar = 70 N/mm<sup>2</sup>
- Modulus elastisitas S45C (E) : 200 Gpa = 200000 N/mm<sup>2</sup>
- Luas *plate support* (A) : 200 mm · 200 mm = 40000 mm<sup>2</sup>

Ditanya : a.  $M_{max}$  ?

b.  $y_{max}$  ?

c.  $\sigma_{max}$  ?

Jawab :



**Gambar 4.53** Parameter rumus beban terdistribusi pada *support plate*

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \cdot (L \cdot t^3) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot (115 \text{ mm} \cdot (30 \text{ mm})^3) \\
 &= 258750 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= Pc \cdot A \\
 &= 70 \text{ N/mm}^2 \cdot 40000 \text{ mm}^2 \\
 &= 2800000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{F}{d} \\
 &= \frac{2800000 \text{ N}}{200 \text{ mm}} \\
 &= 14000 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 a) M_{max} &= \frac{w \cdot L^2}{12} \\
 &= \frac{14000 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot (115 \text{ mm})^2}{12} \\
 &= 15429166,67 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b) y_{max} &= \frac{-w \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \\
 &= \frac{-14000 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot (115 \text{ mm})^4}{384 \cdot 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 258750 \text{ mm}^4} \\
 &= -0,12 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c) \sigma_{max} &= \frac{w \cdot L^2}{12 \cdot I} \\
 &= \frac{14000 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot (115 \text{ mm})^2}{12 \cdot 258750 \text{ mm}^4} \\
 &= 59,23 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan tersebut didapatkan hasil  $\sigma_{max}$  sebesar 59,23 N/mm<sup>2</sup>, maka dapat disimpulkan bahwa  $\sigma_{max}$  59,23 N/mm<sup>2</sup> lebih kecil dari tegangan luluh material S45C sebesar 343 N/mm<sup>2</sup>. Jadi tidak diperlukan *support bolt* pada *support plate* karena dapat dinyatakan aman.

#### 4.8 Hasil Perancangan Cetakan dari Analisa *Moldflow*

Hasil pada *Moldflow* mendapatkan jenis *runner* dan *layout cooling* yang optimal yaitu, dengan *runner balance* dan pemilihan *layout cooling* seri dan *baffle* pada model *layout cooling* ke dua dari tiga model *layout cooling* yang di desain. Data hasil analisa dijadikan sebagai acuan untuk merancang kontruksi cetakan dengan sistem *three mold plate*.

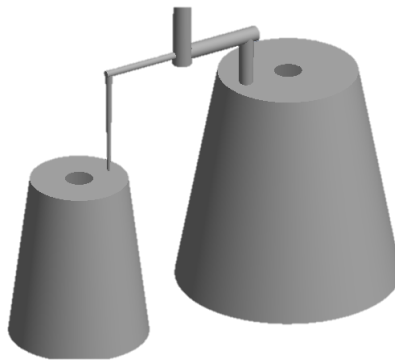
Berikut urutan paling dasar untuk membuat perancangan cetakan sistem *three mold plate* :

#### 4.8.1 Menentukan *Moldbase*

Penentuan *moldbase* adalah proses pertama untuk pembuatan cetakan. *Moldbase* yang digunakan pada desain cetakan produk *flexible cup seedling* yaitu, standar *moldbase* Futaba D.E series 2020 ditunjukkan pada lampiran. Penentuan material plat dan komponen cetakan berdasar pada referensi *design textbook* dari Indonesia *Mold and Dies Industry Association* (IMDIA), Futaba dan Misumi.

#### 4.8.2 Perancangan Produk *Flexyble Cup Seedling* dan *Runner*

Langkah pertama yaitu membuat desain produk yang sebelumnya telah dibuat dan membuat desain *runner* berdasarkan *runner balance*. Gambar dibawah ini menunjukkan desain produk dan *runner*.



**Gambar 4.54** Produk *Flexyble cup seedling* dan *runner*.

#### 4.8.3 Perancangan *Insert Core*

Pembuatan *insert core* pada produk *flexyble cup seedling* dimaksudkan agar mempermudah saat proses *machining* pada *core plate* dan *cooling system*. *Insert core* dibuat dengan dua jenis bentuk sesuai dengan produk yang akan dibuat dilengkapi dengan bagian *O-ring*, lalu membuat *cooling system* didalam *insert core* dan membuat lubang untuk *ejector pin*. *Insert core* digabungkan dengan *plate core* dan diikat dengan baut. *Insert core* menggunakan standar material JIS SKD11 dengan perlakuan panas agar tahan terhadap panas dan keausan. Material SKD11 setelah mendapat perlakuan panas dapat memiliki kekerasan sebesar 255 *brinell hardness* (Steelindo persada). Gambar detail untuk rancangan *insert*

*core* berukuran kecil dan sedang dapat dilihat pada lampiran. Berikut gambar yang menunjukkan gambar rancangan 3D pada *insert core* :

a. *Insert core* produk ukuran kecil



**Gambar 4.55** Gambar 3D *insert core* ukuran kecil

b. *Insert core* produk ukuran sedang



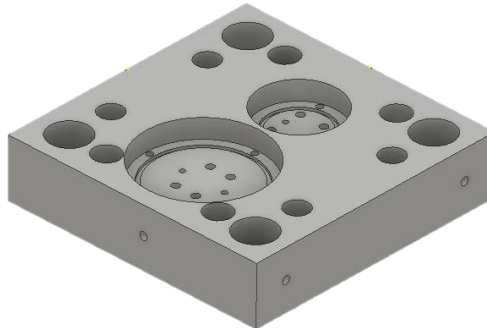
**Gambar 4.56** Gambar 3D *insert core* ukuran sedang

#### 4.8.4 Perancangan *Core Plate*

Bagian ini adalah bagian inti dari cetakan, proses membuat *core plate* dengan cara membuat persegi dengan ukuran panjang dan lebar sebesar 200 mm x 200 mm, dibuat setebal 45 mm. Lalu membuat bagian untuk meletakkan *insert core* dan *O-ring*, proses pembuatan lubang *bushing* dan pembuatan *cooling system* pada bagian *plate core*.

*Plate core* memerlukan karakteristik kekerasan dan tahan terhadap aus, maka digunakan standar material JIS G4501 S55C yang memiliki kandungan karbon 0.54 % - 0.6 % dengan nilai *brinell hardness* sebesar 230 – 285 (Steelindo persada). Perlakuan panas dan penambahan Cr dapat meningkatkan ketahanan aus. Sehingga penggunaan material tersebut untuk pembuatan *plate core* menjadi sangat baik.

Gambar detail untuk rancangan *core plate* dapat dilihat pada lampiran. Berikut gambar 3D rancangan desain *plate core* :

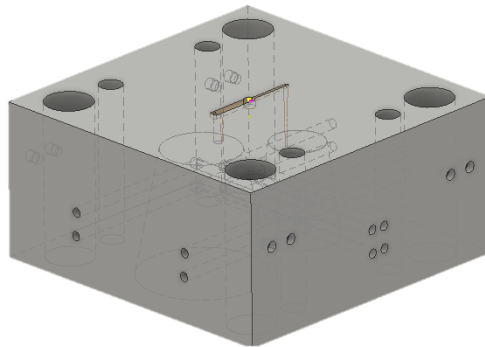


**Gambar 4.57** Gambar 3D *plate core*

#### **4.8.5 Perancangan *Cavity Plate***

Pembuatan *cavity plate* hampir sama dengan membuat *core plate*, hanya saja ada perbedaan pada tebal, pembuatan saluran *gate runner* dan ada proses *surface* untuk membentuk *cavity*. Proses *drilling* pada *cavity* juga digunakan untuk membuat saluran *cooling*, lubang *ejector pin* dan penempatan *bushing*. Pembuatan *cavity plate* dengan cara membuat persegi dengan ukuran panjang dan lebar sebesar 200 mm x 200 mm, dibuat setebal 99 mm (sesuai dengan tinggi produk dan *gate runner*). Standar material yang digunakan yaitu JIS G4501 S55C yang memiliki kandungan karbon 0.54 % - 0.6 % dengan nilai *brinell hardness* sebesar 230 – 285 (Steelindo persada).

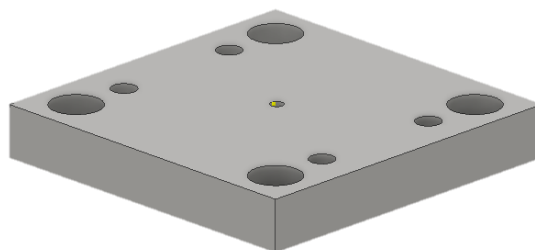
Digunakan material tersebut agar *cavity plate* tahan terhadap panas dan aus. Penambahan Cr dan perlakuan panas juga dianjurkan agar *cavity plate* lebih tahan lama digunakan. Gambar detail untuk rancangan *cavity plate* dapat dilihat pada lampiran. Berikut gambar untuk *cavity plate* :



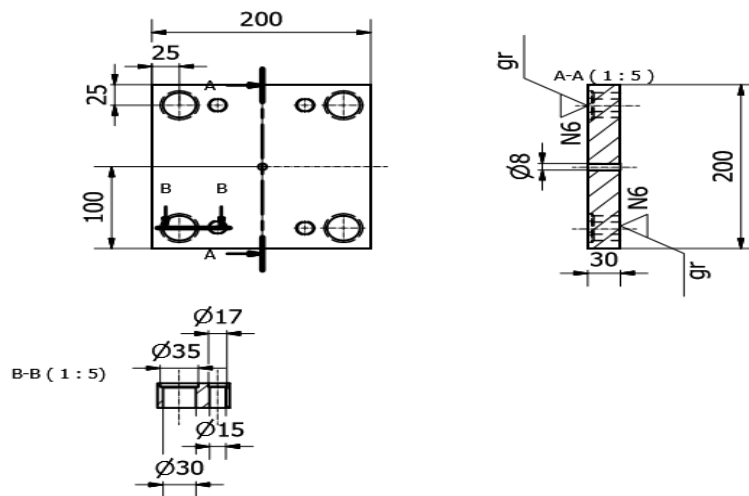
**Gambar 4.58** Gambar 3D *cavity plate*

#### 4.8.6 Perancangan *Runner Plate*

Pembuatan *runner plate* sama dengan membuat *core plate*, hanya saja ada perbedaan pada tebal. Proses *drilling* pada *runner plate* juga digunakan untuk membuat penempatan *bushing* dan lubang *ejector pin*. Pembuatan *runner plate* dengan cara membuat persegi dengan ukuran panjang dan lebar sebesar 200 mm x 200 mm, dibuat setebal 30 mm dengan lubang ditengah untuk saluran masuk cairan plastik pada *gate* dan *runner*. Standar material yang digunakan yaitu JIS G4501 S55C yang memiliki kandungan karbon 0.54 % - 0.6 % dengan nilai *brinell hardness* sebesar 230 – 285 (Steelindo persada). Dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 4.59** Gambar 3D *runner plate*

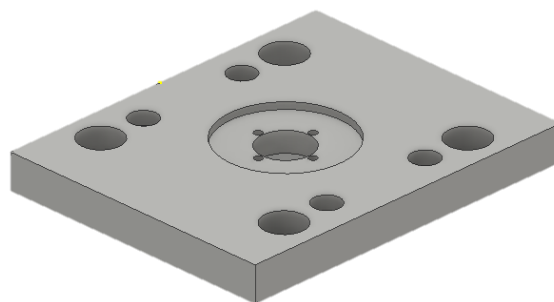


**Gambar 4.60** Gambar 2D runner plate

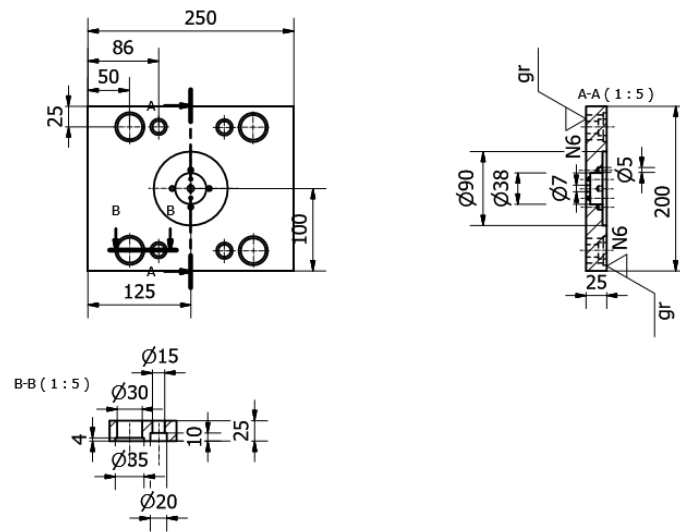
#### 4.8.7 Perancangan Top Clamping Plate

Membuat rancangan persegi dengan ukuran panjang dan lebar sebesar 200 mm x 250 mm dengan tebal 25 mm lebih lebar dari plat sebelumnya karena berfungsi sebagai tempat untuk mencekam atau memasang cetakan pada mesin injeksi. Untuk dimensi penempatan sprue bush dan locating ring juga pertimbangkan pembuatannya. Standar material yang digunakan adalah JIS G4501 S45C yang memiliki nilai kekerasan sebesar 160 – 220 *brinell hardnes* dengan kandungan karbon sebesar 0,25 % – 0,55 % dan memiliki ketahanan panas yang baik. (Steelindo persada)

Pemilihan bahan ini disesuaikan dengan letak top clamping plate yang berdekatan dengan nozzle pada mesin injeksi. Untuk dimensi top clamping plate seperti pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.61** Gambar 3D top clamping plate

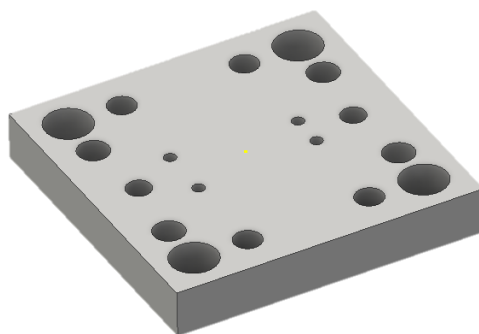


**Gambar 4.62** Gambar 2D *top clamping plate*

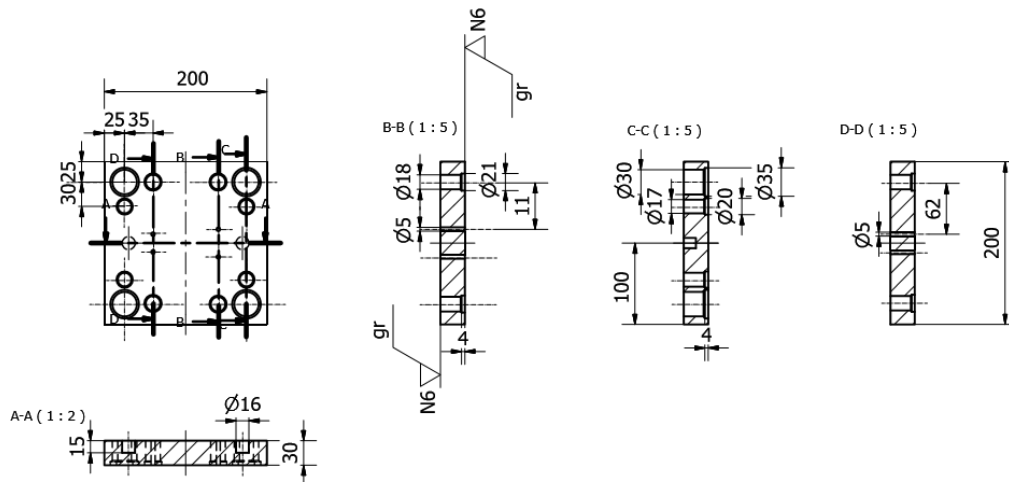
#### 4.8.8 Perancangan *Support Plate*

Pembuatan *support plate* sama dengan membuat *runner plate*, hanya saja ada perbedaan pada proses *drilling*. Proses *drilling* pada *support plate* juga digunakan untuk membuat penempatan *bushing* dan lubang untuk *ejector pin*. Pembuatan *runner plate* dengan cara membuat persegi dengan ukuran panjang dan lebar sebesar 200 mm x 200 mm, dibuat setebal 30 mm. Standar material yang digunakan yaitu JIS G4501 S45C dengan nilai *brinell hardness* sebesar 160 – 220 dengan kandungan karbon 0,25 % – 0,55 %. ( Steelindo persada)

Dimensi dan ukuran dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 4.63** Gambar 3D *support plate*

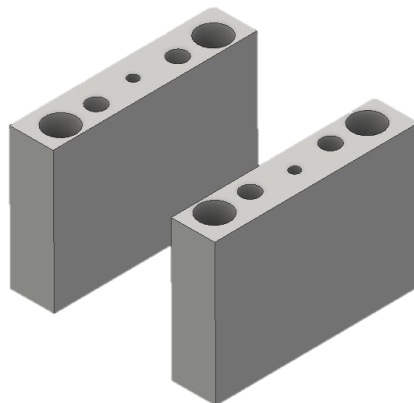


**Gambar 4.64** Gambar 2D support plate

#### 4.8.9 Perancangan Distance Block

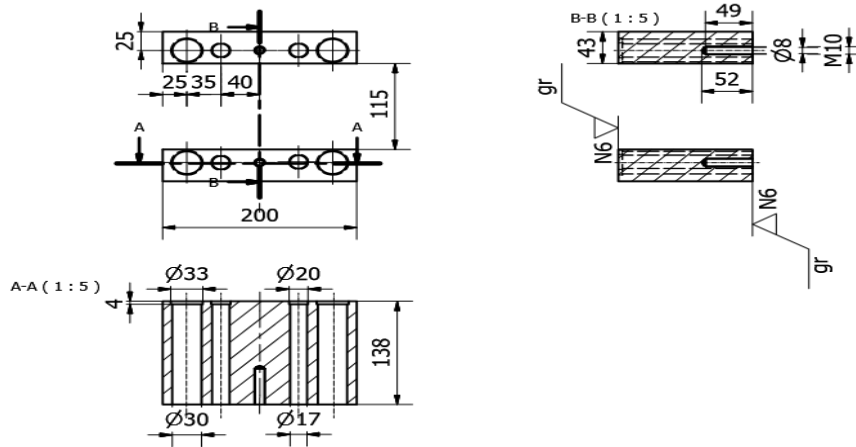
Perancangan *distance block* dibuat dengan ukuran panjang dan lebar sebesar 200 mm x 138 mm dengan tebal 43 mm dibuat 2 *block* pada kedua sisi. Kekuatan dan kekerasan pada *distance blok* tidak terlalu diperlukan, sehingga digunakan standar material JIS G3101 SS400. Material SS400 yaitu baja karbon rendah sebesar 0.17 %, material ini tidak dapat dilakukan perlakuan panas dengan proses *quenching* dan *tamper*. Melainkan hanya dapat dikeraskan dengan metode pengerasan permukaan yang dapat menghasilkan kekerasan mencapai 500 *brinell hardness*. (Steelindo persada)

Dimensi *distance block* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.65** Gambar 3D distance block



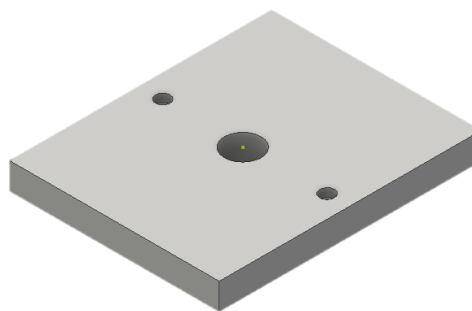


**Gambar 4.66** Gambar 2D *distance block*

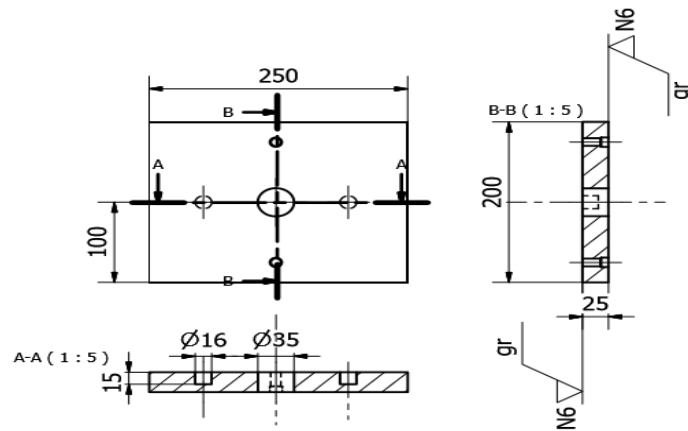
#### 4.8.10 Perancangan *Bottom Clamping Plate*

Pada perancangan *bottom clamping plate* hampir sama dengan pembuatan *top clamping plate*, yaitu dengan membuat persegi dengan ukuran panjang dan lebar sebesar 200 mm x 250 mm dengan tebal 25 mm. *Bottom clamping plate* merupakan bagian bawah cetakan yang berfungsi sama dengan *top clamping plate*, yaitu sebagai tempat untuk memasang cetakan pada mesin injeksi. Standar material yang digunakan adalah baja JIS G4501 S45C dengan kandungan karbon sebesar 0,25 % – 0,55 %. Baja dengan material ini memiliki kekerasan sebesar 160 - 220 *brinell hardness*. Baja dengan material ini dapat ditambah tingkat kekerasannya melalui perlakuan panas untuk membentuk struktur mikro yang padat dan keras. ( Steelindo persada)

Dimensi *bottom clamping plate* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



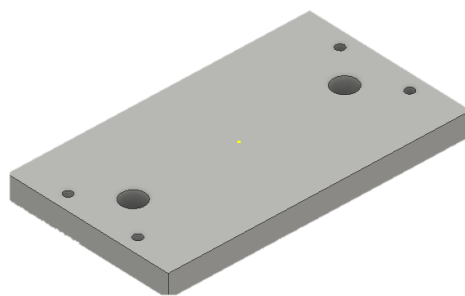
**Gambar 4.67** Gambar 3D *bottom clamping plate*



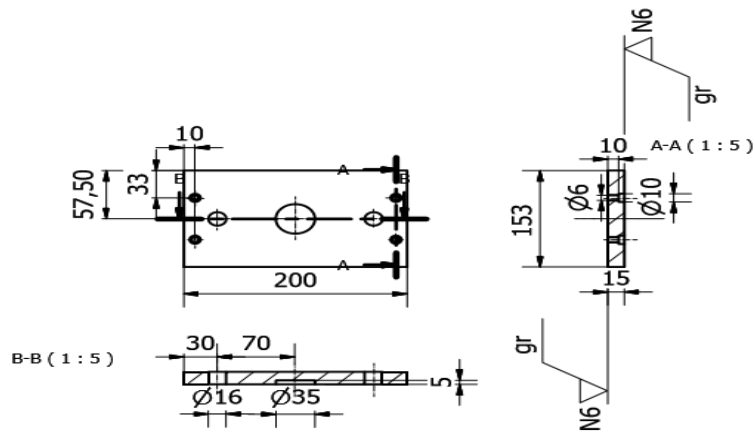
**Gambar 4.68** Gambar 2D *bottom clamping plate*

#### 4.8.11 Perancangan *Ejector Back Plate*

Pembuatan *ejector back plate* disesuaikan dengan jarak antara *distance block* dan diberi *space* sebesar 2 mm agar dapat bergerak bebas diantara *distance block*. Ukuran *ejector back plate* yaitu panjang dan lebar sebesar 200 mm x 153 mm dengan lebar 15 mm. Standar material yang digunakan adalah baja JIS G4501 S45C dengan kandungan karbon sebesar 0,25 % – 0,55 %. Baja dengan material ini memiliki kekerasan sebesar 160 - 220 *brinell hardness*. Untuk dimensi lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



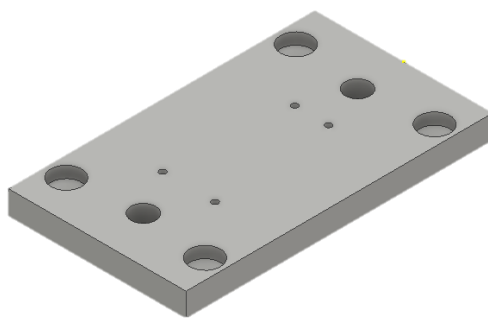
**Gambar 4.69** Gambar 3D *ejector back plate*



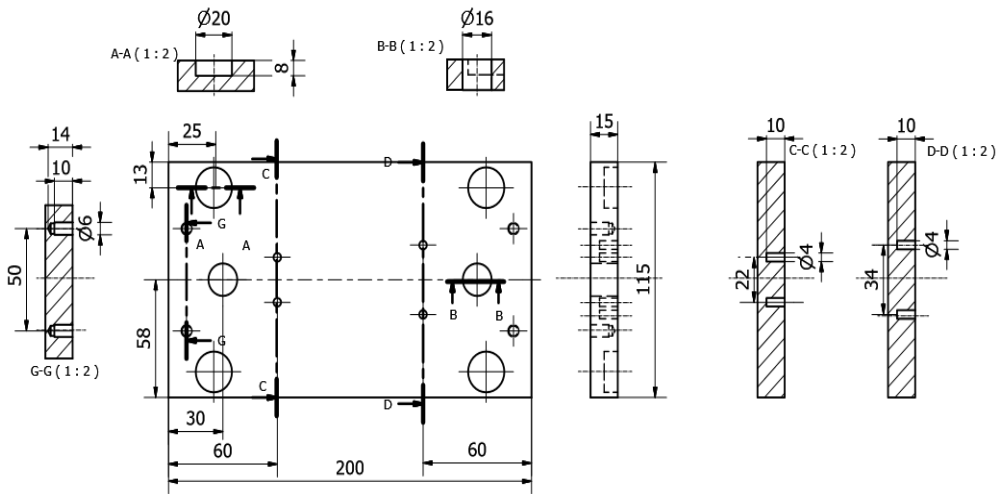
**Gambar 4.70** Gambar 2D *ejector back plate*

#### 4.8.12 Perancangan *Ejector Plate*

Pembuatan *ejector plate* sama dengan pembuatan *ejector back plate* dengan memberikan *space* jarak sebesar 2 mm agar dapat bergerak bebas diantara *distance block*. Ukuran *ejector back plate* yaitu panjang dan lebar sebesar 200 mm x 153 mm dengan lebar 15 mm. Standar material yang digunakan adalah baja JIS G4501 S45C dengan kandungan karbon sebesar 0,25 % – 0,55 %. Baja dengan material ini memiliki kekerasan sebesar 160 - 220 *brinell hardness*. Untuk dimensi lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 4.71** Gambar 3D *ejector plate*

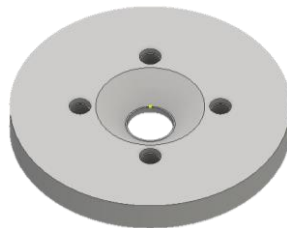


**Gambar 4.72** Gambar 2D *ejector plate*

### 1.8.13 Penjelasan Desain *Part Mold Injection System Three Mold Plate*

#### 1. *Locating Ring*

*Locating ring* dibuat untuk memudahkan cetakan agar dapat *center* dengan lubang *nozzle* dari mesin injeksi. Desain *locating ring* seperti gambar dibawah ini, selain itu bahan yang digunakan untuk membuat *locating ring* harus yang ketahanan panasnya tinggi, sebagai contoh material S45C, karena *locating ring* bersentuhan langsung dengan *nozzle* yang menginjeksikan material plastic dari mesin.



**Gambar 4.73** *Locating Ring*

#### 2. *Runner Lock Pin*

*Runner lock pin* digunakan untuk mengunci *runner* agar saat proses memisahkan *runner* dengan otomatis *runner* dapat ikut ditarik oleh *runner plate*. Desain *runner lock pin* hampir sama dengan *ejector pin* hanya saja pada

ujung *runner lock pin* terdapat bagian untuk mengunci *runner* terbuat dari material SKH51. Panjang *runner lock pin* disesuaikan dengan tebal *runner plate* dan untuk ujung pada *runner lock pin* harus dapat menyatu dengan *runner*. Gambar *runner lock pin* seperti dibawah ini :



**Gambar 4.74** *Runner Lock Pin*

### **3. Stop Bolt**

Desain *stop bolt* dibuat dengan ulir pada bagian ujung *pin*. Hal tersebut ditujukan agar dapat disatukan dengan *puller bolt*. *Stop bolt* berfungsi sebagai *stopper* pada *runner plate* dan *top clamping plate* saat melepaskan *runner* dengan produk. Panjang *stop bolt* disesuaikan dengan tebal *top clamping plate* agar dapat disatukan dengan *puller bolt* dan dapat bekerja sebagai *stopper*, bahan yang digunakan yaitu SCM435. Desain *stop bolt* seperti gambar dibawah ini :



**Gambar 4.75** *Stop Bolt*

### **4. Puller Bolt**

Desain *puller bolt* dibuat ada sebuah ulir didalam *puller bolt* dimaksudkan untuk menyatukan dengan *stop bolt*, bahan yang digunakan yaitu SCM435. *Puller bolt* berfungsi sebagai *stopper* pada bagian *cavity plate* agar tidak terlepas dengan *runner plate*. Panjang dari *puller bolt* disesuaikan dengan tinggi *insert core* agar pada saat proses *ejector* produk tidak membatasi ruang gerak *pin ejector*. Desain *puller bolt* seperti gambar dibawah ini :



**Gambar 4.76** *Puller Bolt*

### **5. Capscrew Tension Link**

*Capscrew tension link* digunakan untuk mengikat *tension link* pada *cavity plate* dan digunakan untuk mengikat *roller* pada *tension link* pada *core plate* agar tidak terlepas, bahan yang digunakan yaitu SCM435. Jumlah *capscrew tension link* disesuaikan dengan *tension link* untuk membutuhkan *capscrew*. Desain *capscrew tension link* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.77** *Capscrew Tension Link*

## 6. *Tension Link*

*Tension link* berfungsi sebagai *stopper* pada *cavity plate* dan *core plate* saat cetakan membuka pada tahap pertama. Letak *tension link* berada pada samping cetakan yang mempunyai jumlah dua pada sisi kanan dan dua pada sisi kiri, bahan yang digunakan yaitu SCM435. Selain berfungsi sebagai *stopper*, *tension link* juga berfungsi sebagai penahan cetakan pada posisi membuka. Desain *tension link* disesuaikan dengan langkah saat cetakan membuka, sehingga saat proses *ejector* produk *cavity plate* dan *core plate* tidak terlepas. Bentuk dari *tension link* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.78** *Tension Link*

## 7. *Cooling Plug*

Desain *cooling plug* dibuat seperti gambar dibawah dimaksudkan agar dapat dipasang pada *cavity plate* dan *core plate* yang terdapat ulir pada saluran *cooling*. Pada ujung *cooling plug* dibuat menonjol agar dapat mengikat selang saluran cairan *cooling*, bahan yang digunakan yaitu kuningan atau Brass. Letak *cooling plug* berada pada *core plate* dan *cavity plate*. Desain *cooling plug* dapat dilihat pada gambar dibawah ini



**Gambar 4.79** *Cooling Plug*

### **8. Leader Pin**

Fungsi *leader pin* yaitu untuk menyelaraskan komponen *plate* pada cetakan atau untuk mnegarahkan pada saat penyatuan antara *cavity plate* dan *core plate*. Fungsi lain *leader pin* yaitu menahan bagian cetakan yang dapat bergerak saat membuka agar tidak terlepas. Desain *leader pin* disesuaikan dengan referensi pada komponen cetakan agar cetakan dapat bekerja secara optimal. Panjang *leader pin* disesuaikan dengan cetakan saat posisi menutup. Letak *leader pin* yaitu ditanam pada *distance block*. Bahan untuk membuat *leader pin* yaitu SUJ2. Gambar *leader pin* seperti dibawah ini :



**Gambar 4.80** *Leader Pin*

### **9. Ejector Pin**

*Ejector pin* digunakan untuk mengeluarkan produk setelah proses injeksi dan proses pendinginan. Untuk desain *ejector pin* disesuaikan dengan berapa yang dibutuhkan untuk mengeluarkan produk. Untuk diameter *ejector pin* didesain agar kuat saat mengeluarkan produk dan tidak terjadi efek *buckling*. Bahan yang digunakan yaitu SKH51, gambar *ejector pin* seperti dibawah ini :



**Gambar 4.81** *Ejector Pin*

## 10. Pin Guide

*Guide pin* diperlukan pada cetakan dibagian antara *ejector plate* dan *ejector back plate*, berfungsi agar *ejector plate* dan *ejector back plate* tetap diam dan tidak kocak saat proses *ejector* produk. Panjang *guide pin* disesuaikan dengan rongga antara *support plate* dan *bottom clamping plate* atau rongga dimana langkah *ejector* terjadi. *Guide pin* dipasang dengan cara ditanam pada *bottom clamping plate*. Material yang digunakan yaitu SUJ2. Desain *guide pin* seperti gambar dibawah :



**Gambar 4.82** *Pin Guide*

## 11. Return Pin

*Return pin* berfungsi untuk membantu mengarahkan *ejector plate* dan *ejector back plate* agar bergerak tegak lurus. Panjang *return pin* disesuaikan dengan rongga antara *support plate* dan *ejector back plate* atau rongga dimana langkah *ejector* terjadi. *Return pin* dipasang dengan cara ditanam pada *ejector back plate*. Material yang digunakan yaitu SUJ2. Desain *return pin* seperti gambar dibawah :

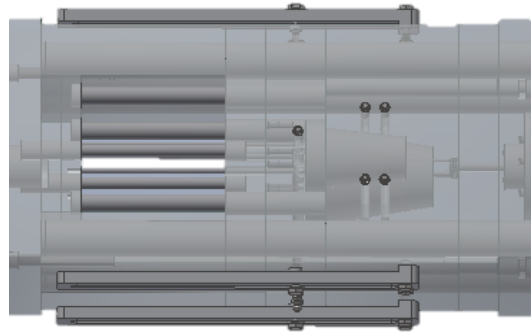


**Gambar 4.83** *Return Pin*

### 4.8.14 Kontruksi *Mold* Setelah *Assembly*

*Moldbase* yang digunakan pada desain cetakan produk *flexible cup seedling* yaitu, standar *moldbase* Futaba D.E series 2020 ditunjukan pada gambar 4.51 dan terlampir pada lampiran. Penentuan matrial plat dan komponen cetakan berdasar pada referensi *design textbook* dari Indonesia *Mold and Dies Industry Association* (IMDIA), Futaba dan Misumi.



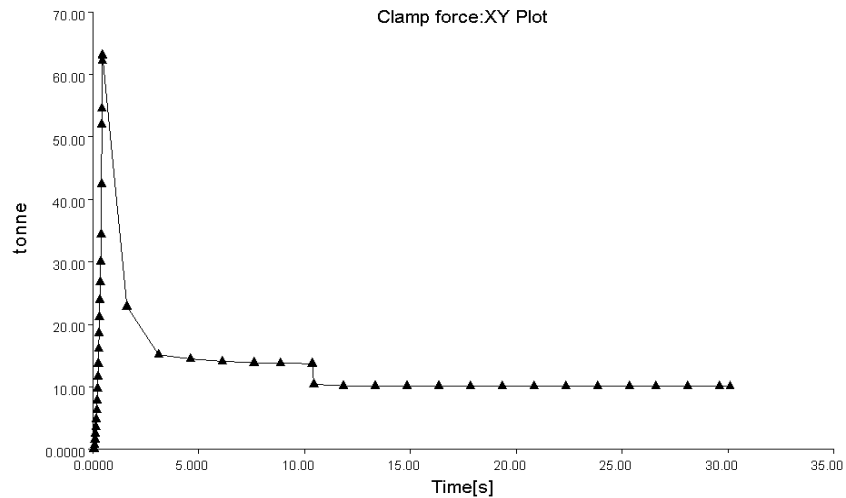


**Gambar 4.84** Gambar *Assembly Three Mold Plate*

## **4.9 Hasil Analisa Perhitungan Simulasi**

### **4.9.1 Clamping Force**

Perhitungan *clamping force* berguna untuk menentukan mesin injeksi yang akan digunakan sebagai proses produksi. Hasil *clamping force* dari simulasi  *moldflow* didapatkan sebesar 62 ton. Sedangkan pada perhitungan didapatkan sebesar 62 ton. Perbedaan hasil *clamping force* dari simulasi dan perhitungan diakibatkan karena untuk perhitungan pada simulasi lebih rinci dan akurat, sedangkan perhitungan secara manual kurang akurat dikarenakan ada sebagian parameter pada sistem perhitungan simulasi yang tidak dapat dihitung secara manual. Untuk pemilihan mesin injeksi, maka dipilih mesin injeksi yang memiliki *clamping force* 20% lebih besar. Tujuan memilih mesin injeksi yang mempunyai *clamping force* lebih besar 20%, yaitu agar kuat menahan cetakan saat proses pengisian dan pendinginan. Berikut adalah gambar hasil nilai *clamping force* dari simulasi  *moldflow* :



**Gambar 4.85** Hasil *clamping force*

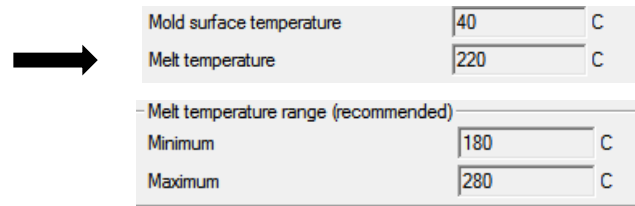
#### 4.9.2 Gaya Buckling Pin Ejector

Perhitungan beban *pin ejector* diperlukan agar dapat mengetahui gaya *buckling pin ejector* untuk mengeluarkan produk. Gaya *buckling pin ejector* dibedakan menjadi dua karena dimensi kedua produk yang berbeda. Panjang *pin ejector* juga dibedakan menjadi dua sesuai dengan dimensi produk. Perbedaan dimensi produk dan modulus elastisitas material yang digunakan untuk *pin ejector* yaitu SKH51 dengan modulus elastisitas material sebesar 219000 Mpa akan berpengaruh pada gaya *buckling pin ejector*. Didapatkan gaya *buckling pin ejector* untuk produk berukuran sedang sebesar 976,48 N dan gaya *buckling pin ejector* untuk produk berukuran kecil sebesar 943,52 N.

#### 4.9.3 Melt Temperature Material LDPE

Perhitungan *melt temperature* pada material LDPE bertujuan untuk mengetahui pada suhu berapakah material LDPE berubah dari fase padat ke cair. *Melt temperature* akan berpengaruh pada waktu produksi, dikarenakan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk melelehkan material LDPE maka semakin lama waktu untuk produksi. Maka perlu diketahui *melt temperature* material LDPE agar dapat menjadi acuan untuk proses produksi yang lebih efisien.

Hasil *melt temperature* yang direkomendasikan untuk material LDPE pada simulasi *moldflow* yaitu sebesar 220 °C dengan *melt temperature minimum* sebesar 180 °C dan untuk hasil *melt temperature maximum* sebesar 280 °C seperti pada gambar dibawah ini :

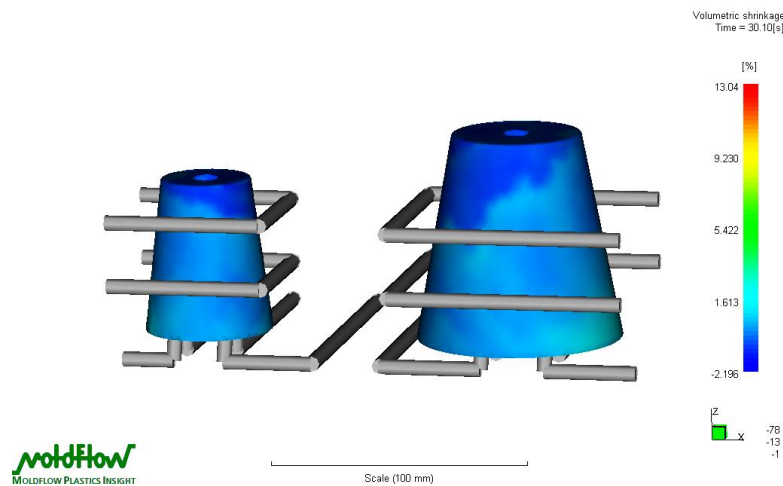


**Gambar 4.86** Hasil *melt temperature recomended* material LDPE

#### 4.9.4 Shrinkage Produk

Perhitungan nilai *shrinkage* diperlukan karena saat material plastik cair diinjeksikan kedalam cetakan atau *mold* akan memuai. Proses *cooling* atau proses pendinginan akan menurunkan *temperature* produk dan akan mendinginkan produk. Pada proses tersebut terjadi penyusutan atau *shrinkage* yang merubah dimensi produk dari awal diinjeksikan hingga produk didinginkan. Besar kecilnya penyusutan dapat dipengaruhi oleh cetakan atau *mold* dan proses injeksi.

Hasil *shrinkage* pada simulasi *moldflow* untuk *layout cooling* yang telah dipilih menunjukan nilai sebesar 13,04 % dengan waktu penyusutan selama 30,10 detik. Dapat dilihat pada gambar berikut ini :



**Gambar 4.87** Hasil *shrinkage* pada simulasi *moldflow*

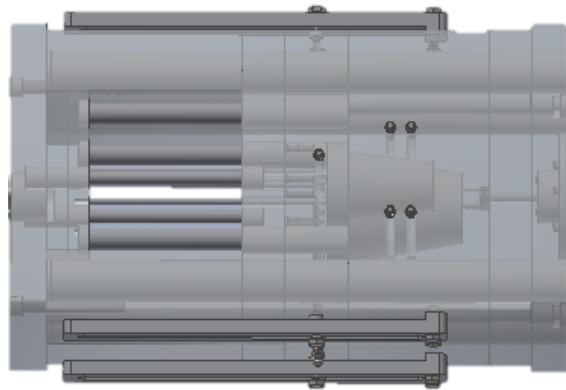
#### **4.10 Gambar Detail dan Rakitan**

Gambar rakitan menjelaskan tentang kontruksi cetakan serta menerangkan nama komponen dalam bentuk gambar 2D. Kontruksi cetakan dari *plate* penyusun  *mold* maupun komponen *part* cetakan dari sistem *three mold plate* pada produk *flexyble cup seedling* juga dijelaskan didalam gambar rakitan. Gambar dapat di lihat pada lampiran.

Gambar detail menjelaskan secara detail dengan gambar 2D ukuran *core plate*, *insert core* dan *cavity plate*. Gambar dapat di lihat pada lampiran.

##### **4.10.1 Molding close**

Tahap awal proses kerja cetakan *three mold plate* pada produk *flexyble cup seedling* adalah *molding close*. Pada tahap ini proses pengisian cetakan berlangsung dengan proses injeksi dari mesin injeksi yang menginjeksikan cairan material plastic LDPE. Berikut adalah gambar cetakan dalam posisi tertutup :



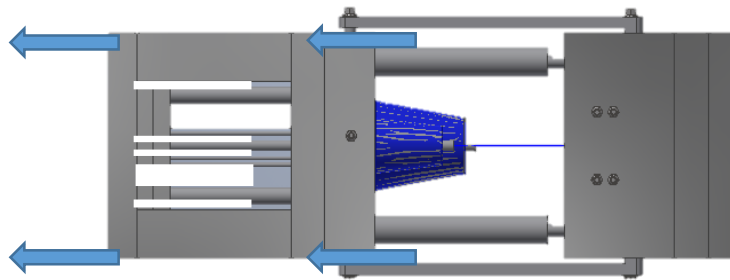
**Gambar 4.88** *Molding close*

##### **4.10.2 Molding Open 1**

Untuk tahap *molding open 1* *clamping unit* menarik *bottom clamping plate* pada arah kiri jika dilihat dari gambar dibawah ini. Jika dilihat dari gambar dibawah ini, posisi membuka pada *molding open 1* adalah posisi *cavity plate* dan

*core plate* terpisah. Jarak *cavity plate* dan *core plate* pada *molding open 1* yaitu sebesar 163 mm.

*Cavity plate* dan *core plate* saat membuka ditahan oleh *stopper pin* dan pada posisi tersebut produk *flexible cup seedling* yang ditunjukkan dengan warna biru masih menjadi satu dengan *core*, tetapi untuk *runner* pada produk tersebut telah terpisah secara otomatis.

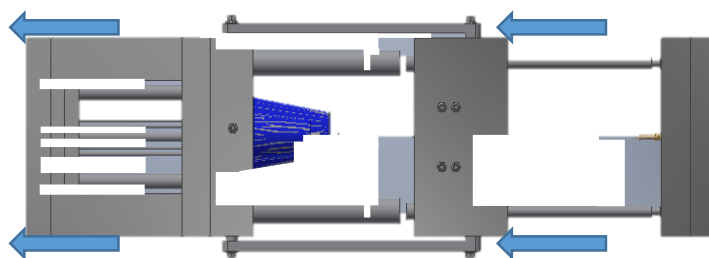


**Gambar 4.89** *Molding open 1*

#### 4.10.3 *Molding Open 2*

*Molding open 2* *clamping unit* masih sama bergerak menarik *bottom clamping plate* kearah kiri. Maka mengakibatkan *core* dan *cavity* terbuka lalu membuka *cavity plate* dan *runner plate*. *Cavity plate* dan *runner plate* terpisah dan ditahan dengan *puller bolt* dengan jarak antar keduanya sebesar 150 mm.

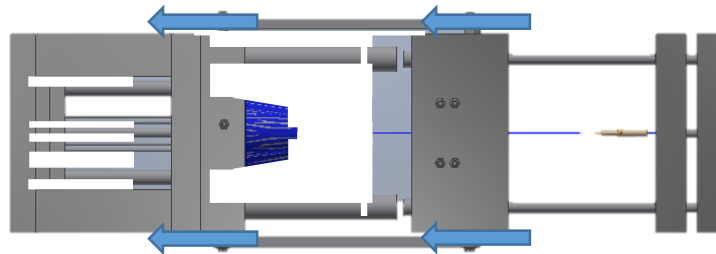
*Cavity plate* dan *runner plate* membuka dengan tujuan untuk memisah *runner* yang berada didalam *cavity plate*. Posisi *runner* masih terkunci oleh *runner lock pin* mengakibatkan posisi *runner* menempel pada *runner plate*. Gambar dibawah ini menunjukan proses tersebut :



**Gambar 4.90** *Molding open 2*

#### **4.10.4** *Molding Open 3*

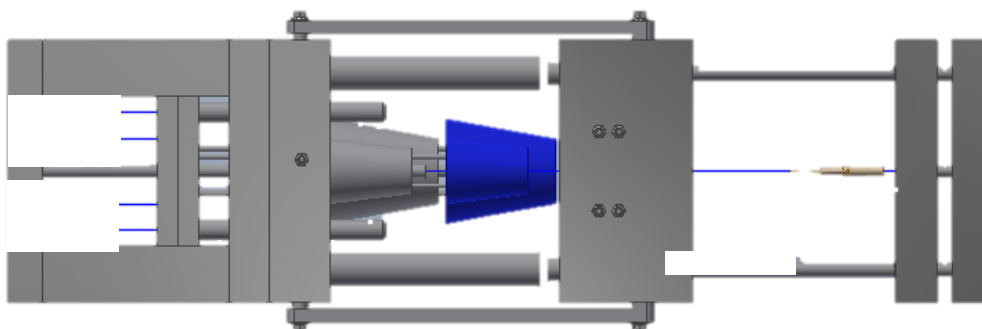
*Molding open 3* clamping unit masih sama bergerak menarik *bottom clamping plate* kearah kiri. Mengakibatkan *puller bolt* yang tertahan dengan *cavity plate* menarik *stop bolt* yang tertahan oleh *runner plate* kemudian menarik *runner plate* secara otomatis. *Runner plate* yang ditarik oleh *stop bolt* akan melepaskan *runner* dari *runner lock pin* dan terlepas otomatis. Jarak antara *runner plate* dan *top clamping plate* sebesar 15 mm. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.91** *Molding open 3*

#### **4.10.5** *System Ejection*

Tahap *system ejection* yaitu pengeluaran produk plastik dengan unit *pin ejector* yang berjumlah 4 *pin*. Proses mendorong produk dari gaya dorong pada *knockout* yang mendorong *ejector back plate* dan *ejector plate* dengan 4 *pin ejector* secara otomatis, maka akan mendorong produk *flexible cup seedling* keluar dari cetakan. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.92** *System ejection*

#### 4.11 Data Kebutuhan Mesin

Tabel 4.7 Menyajikan data kebutuhan mesin injeksi yang akan digunakan pada proses produksi *flexible cup seedling*.

**Tabel 4.6 Data kebutuhan mesin injeksi**

<i>Clamping force</i>	62 Ton
<i>Opening stroke</i>	163 mm
<i>Daylight</i>	625,6 mm
<i>Mold height fixed</i>	154 mm
<i>Distance between tie bars</i>	200 x 250 mm
<i>Ejector Stroke\</i>	253 mm

Dari data kebutuhan mesin diatas, maka ditentukan mesin injeksi dengan jenis *Arburg All Rounder 470 S* dengan *maximum clamping force* 1000 Ton. Spesifikasi mesin injeksi terlampir pada lembar lampiran.