

PERANCANGAN MOLD UNTUK PRODUK PENYETTING GESPER HELM DI CV. CIPTA SINERGI MANUFACTURING

Bustami Ibrahim, Bagus Nurseta K.

Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur

Jl. Kanayakan no 21, 022-2500241, bustami@polman-bandung.ac.id

ABSTRAK

Penyetting gesper adalah salah satu bagian dari helm yang berfungsi untuk menyetting pengikatan / penguncian tali pengikat saat memakai helm. Produk ini akan diproduksi oleh PT. SSA Plastic, tetapi perancangan dan pembuatan *mold* -nya akan dilakukan oleh CV. Cipta Sinergi Manufacturing. Pada pembuatan *mold* ini, PT. SSA Plastic menyerahkan seluruh kegiatan produksi pada CV. Cipta Sinergi Manufacturing. Mulai dari perancangan produk, perancangan *mold* , sampai pembuatan *mold* .

Mold yang akan dibuat berjenis *two plate* dengan menggunakan *slider* . Penggunaan *slider* karena pada produk terdapat bentukan lubang dan profil pada bagian sisi produk. Mesin injeksi yang akan digunakan untuk memproduksi produk ini adalah mesin injeksi Powerjet BJ80V1 dengan gaya cekam 80 Ton.

Kata Kunci : Perancangan, *mold* , gesper, *two plate*

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, kemajuan teknologi manufaktur menimbulkan kompetisi di antara industri manufaktur yang ada di Indonesia. Segala aspek yang berhubungan dengan proses manufaktur, dikembangkan sedemikian rupa sehingga membuat peningkatan nilai produksi yang akan menjadikan daya saing di tiap – tiap industri tersebut. Tingkat kualitas produk akan menentukan pilihan yang akan di ambil oleh pelanggan.

Desain merupakan salah satu dari kegiatan produksi yang menentukan baik tidaknya kualitas suatu produk. Dengan desain yang baik dan sesuai kebutuhan, produk akan dapat dibuat dengan hasil yang baik pula. Dalam proses desain juga diperhitungkan waktu dan biaya yang digunakan untuk membuat suatu produk, sehingga suatu proses produksi dapat dimaksimalkan dengan perencanaan yang tepat.

Gesper helm adalah salah satu produk yang *mold* -nya dibuat di CV. Cipta Sinergi Manufacturing. *Mold* tersebut merupakan pesanan dari PT. SSA Plastic. Produk ini berfungsi sebagai pengunci pada tali pemasangan helm. Gesper helm ini terdiri dari beberapa part. Setiap part dibuat menggunakan *mold* yang berbeda. Dalam pembahasan karya tulis ini penulis membahas perancangan dan pembuatan *mold* untuk part penyetting penguncian gesper helm.

Pada penelitian ini penulis membuat rancangan *mold* untuk menghasilkan produk penyetting gesper helm. *Mold* yang akan dirancang berjenis *two plate*

dengan menggunakan mekanisme *slider* . Penggunaan *slider* ini dikarenakan ada bentukan lubang dan alur untuk tempat dudukan *spring* yang terdapat pada bagian sisi produk.

Tujuan penelitian ini adalah :

- Merancang *mold* yang sesuai dengan tuntutan *customer* , dan *mold* yang dirancang harus bisa digunakan pada mesin injeksi yang ditentukan yaitu Powerjet BJ80V1.
- Membuat perencanaan pembuatan (*operational plan*) setiap part pada *mold* penyetting gesper helm ini.
- Membuat perhitungan estimasi biaya untuk pembuatan *mold* .

Adapun batasan masalah pada penulisan karya tulis ini adalah :

- Pembahasan masalah ini dibatasi hanya untuk perancangan dan pembuatan *mold* untuk produk penyetting gesper helm.
- Dalam perancangan *mold* untuk produk penyetting gesper helm ini menggunakan metoda *Menges / Mohren* .

Penelitian ini dilakukan dengan cara :

- Studi kepustakaan dari beberapa buku referensi mengenai perancangan dan pembuatan *mold* .
- Wawancara dengan nara sumber dari CV. Cipta Sinergi Manufacturing.

2. TEORI PENDUKUNG

2.1 Injection Mold

Injection mold adalah salah satu proses yang sangat populer digunakan untuk menghasilkan produk-produk plastik dari jenis thermoplastik dengan cara menginjeksikan cairan plastik panas kedalam cetakan (*mold*). *Mold* tersebut baru berfungsi sebagai cetakan ketika terpasang pada mesin injeksi plastik, mesin inilah yang kemudian menjalankan mekanisme pencetakan produk plastik.

2.1.1 Mesin Injeksi

Mesin Injeksi adalah suatu mesin yang digunakan untuk menyuntikan atau mengisi cairan plastik ke dalam cetakan.

2.1.2 Prinsip Kerja Mesin Injeksi

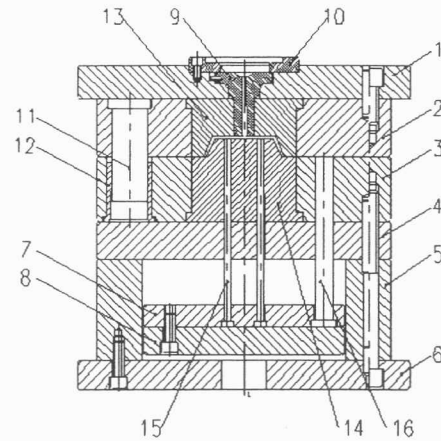
- *Mold* tertutup-*screw* bergerak mendorong plastik cair pada *barrel* untuk diinjeksikan kedalam *mold*.
- *Screw* tetap pada posisinya untuk mempertahankan tekanan injeksi sampai plastik cair yang disuntikan menjadi solid dalam *mold*.
- *Screw* berputar menarik material plastik baru dari *hopper* untuk dicairkan dan kemudian dialirkan kebagian depan *screw*. Tekanan balik menekan *screw* kembali kebelakang sampai pada pembatas gerakannya.
- *Mold* terbuka dan produk yang telah dicetak dikeluarkan. *Mold* akan kembali tertutup untuk mengulangi siklus proses injeksi selanjutnya.

2.1.3 Cetakan Plastik (*Mold*)

Mold terdiri dari pelat-pelat baja yang disusun sedemikian rupa sesuai dengan tuntutan fungsi masing-masing pelat, membentuk suatu rumah cetak yang merupakan dudukan dari semua komponen cetakan. *Mold* dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu :

1. Pelat tetap : bagian yang terpasang pada meja tetap (*fixed plate*) mesin injeksi.
2. Pelat jalan : bagian yang terpasang pada meja jalan (*moving plate*) Mesin injeksi.

Komponen utama dalam sebuah *mold* adalah *cavity* dan *core*. Kedua komponen ini merupakan komponen yang akan membentuk rongga cetak dengan bentuk sesuai produk yang diinginkan. Rongga cetak yang terbentuk tidak terbatas terbentuk dari pelat, tetapi juga bisa menggunakan *insert*/sisipan.



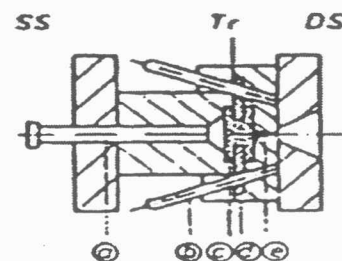
Gambar 1 : Komponen *Mold*

Komponen *Mold* :

1. Pelat cekam atas (*top clamping plate*)
2. Pelat *cavity* (*cavity plate*)
3. Pelat *core* (*core plate*)
4. Pelat pendukung (*support plate*)
5. Pelat penyangga (*spacer block*)
6. Pelat cekam bawah (*bottom clamping plate*)
7. *Ejector retainer plate*
8. *Ejector plate*
9. *Sprue bush*
10. Ring penepat (*locating ring*)
11. Tiang pengarah (*guide pin*)
12. Sarung pengarah (*guide bush*)
13. *Insert cavity*
14. *Insert core*
15. *Ejector pin*
16. *Return pin*

2.1.4 Cetakan Berslider

Cetakan ini dirancang untuk menghasilkan produk yang memiliki lubang atau bentuk tertentu, yang inti cetaknya harus dikeluarkan dari arah samping pada bukaan utamanya. Prinsip dasar cetakan sama dengan cetakan dua pelat, tetapi memiliki mekanisme yang dapat menggerakkan dudukan inti pada arah transversal dari gerakan utamanya. Mekanisme gerakan inilah yang diklasifikasikan sebagai *slider*.



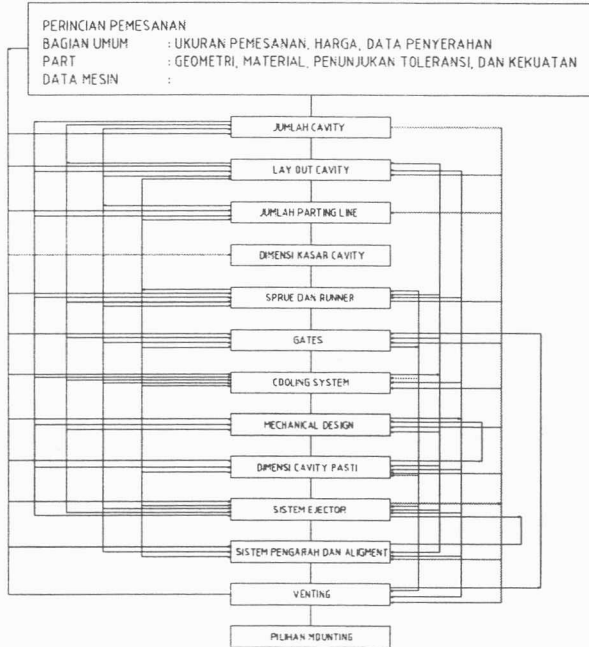
Keterangan:

- a. Sistem ejektor
- b. Pena miring
- c. *Cavity*
- d. *Slider*
- e. *Sprue*

Gambar 2 : Cetakan berslider

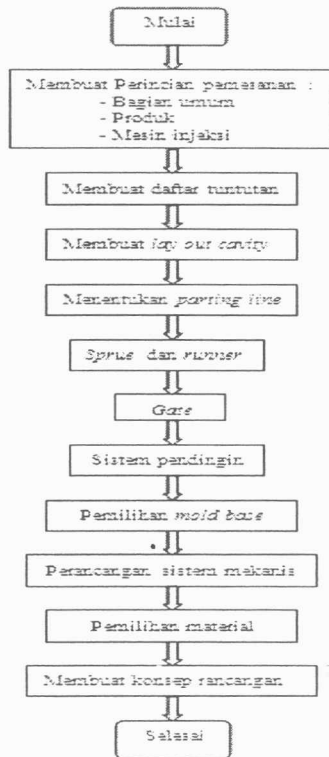
3. METODOLOGI

Berikut metoda perancangan *mold* menurut buku *HOW TO MAKE INJECTION MOLD* karangan *Menges/Mohren*.



Gambar 3 : Tahapan perancangan Menges / Mohren

Dari metoda perancangan tersebut, maka dapat dibuat suatu diagram alir tahapan perancangan yang dilakukan untuk merancang *mold* penyetting gesper helm ini.



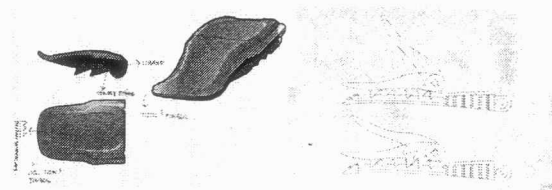
Gambar 4 : Diagram alir perancangan mold

4. PERANCANGAN *INJECTION MOLD*

4.1 Perincian Pemesanan

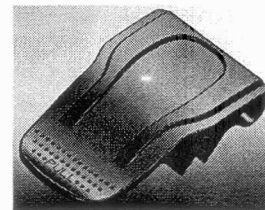
4.1.1 Bagian Umum

Produk penyetting gesper helm ini dipesan ke CV. Cipta Sinergi Manufacturing (CV. CSM) hanya untuk pembuatan moldnya saja. Produk yang dipesan terdiri dari tiga bagian dan ketiganya menggunakan *mold* yang berbeda. Dalam pembuatan *mold* ini, PT. SSA Plastic selaku pemesan tidak memberikan banyak tuntutan. Mereka hanya memberikan konsep produk yang diinginkan. Kemudian pihak CV. CSM yang membuat desain produknya. Dibawah ini merupakan konsep yang diinginkan oleh PT. SSA Plastic untuk produk gesper helm ini :



Gambar 5 : Konsep produk

Dari konsep tersebut, CV. CSM membuat desain produk yang kemudian disetujui oleh PT. SSA Plastic. Desain tersebut seperti di bawah ini :



Gambar 6 : Penyetting gesper helm

4.1.2 Produk

4.1.2.1 Data Produk

Data produk yang diperoleh penulis adalah berupa model produk yang sudah dibuat oleh pihak CV. CSM. Model tersebut merupakan sebuah desain yang sudah dibuat sesuai dengan konsep yang diinginkan oleh *customer*. Model yang didapatkan penulis berupa model solid 3D, karena di CV. CSM sendiri tidak dibuat gambar kerja dari produk tersebut. Hal itu karena bentuk geometri produk yang rumit. Selain itu untuk pembuatan *cavity* dan *core* mesin yang digunakan adalah mesin CNC, sehingga model tersebut langsung dijadikan referensi dalam proses perancangannya.

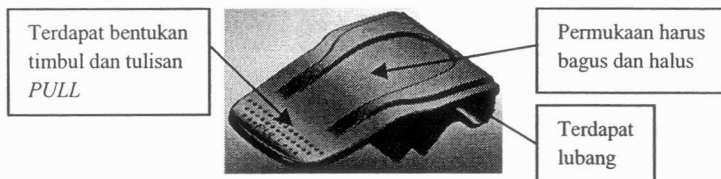
4.1.2.2 Material dan Penyusutan Produk

Material yang dipakai untuk mencetak penyetting gesper helm adalah *thermoplastic* jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan nilai *shrinkage* antara 1,5 – 2,0 %.

4.1.2.3 Tuntutan Produk

Terdapat beberapa tuntutan pada produk ini, yaitu :

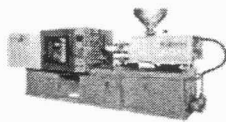
- Permukaan atas produk harus halus, tidak ada cacat.
- Terdapat tanda dan tulisan ” *PULL* ” pada bagian atas produk.
- Terdapat lubang dan bentuk untuk tempat *spring* pada bagian sisi produk



Gambar 7 : Tuntutan Produk

4.1.3 Data Mesin

Mesin yang digunakan adalah mesin injeksi Powerjet tipe BJ80V1.



Injection Molding Machine (BJ80V1)

Product Category: Machinery > Plastic Machinery

Product Description

CLAMPING UNIT
 Clamping force 800 KN
 Opening stroke 270 mm
 Max. Daylight 570 mm
 Platen size 540*490 mm*mm
 Space between bars 355*300 mm*mm
 Max. Mold height 300 mm
 Min. Mold height 135 mm
 Ejector stroke 75 mm
 Ejector force 25 KN

INJECTION UNIT

Screw diameter 30 34 40 42 mm
 Screw L/D Ratio 23 20 19 18 mm
 Injection Pressure 220 172 125 112 Mpa
 Shot volume 99 128 175 193 cm³
 Shot weight(ps) 88 113 156 172 (g)
 3.1 4.0 5.5 6.0 (OZ)
 Injection rate 39 51 63 77 g/sec
 Plasticizing capacity 10 13 23 28 g/sec
 Screw stroke 140 mm
 Screw speed 150 rpm

POWER UNIT

Hydraulic system Pressure 14.5 Mpa
 Pump motor power 7.5 KW
 Heater power 6.0 KW

GENERAL

Dry-cycle time 1.2 sec
 Oil tank capacity 150 L
 Machine weight 3.0 T
 Dimensions(L*W*H) 3.8*0.94*1.7 m

4.2 Daftar Tuntutan

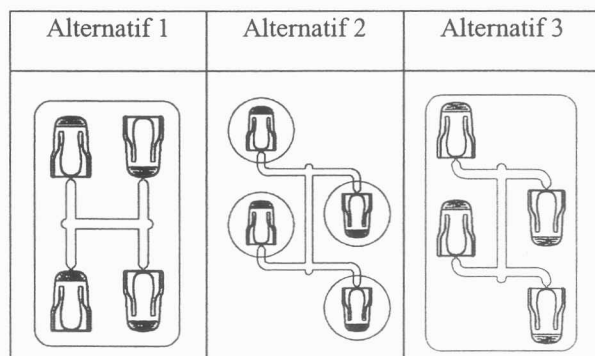
Daftar tuntutan dalam proses perancangan *mold* penyetting gesper helm ini adalah sebagai berikut.

No	Daftar Tuntutan	Kuantifikasi
Tuntutan Produk		
1	Bentuk produk	Sesuai dengan konsep yang diberikan <i>customer</i> seperti disebutkan sebelumnya
2	Material produk	HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)
3	Permukaan atas produk	Halus tanpa ada cacat
4	<i>Parting line</i>	Sesuai dengan posisi <i>parting line</i> yang ditentukan oleh CV. CSM
Tuntutan Tool		
1	Jumlah <i>cavity</i>	4 <i>cavity</i>
2	<i>Mold</i> harus bisa digunakan dengan baik pada mesin injeksi yang ditentukan	Mesin yang digunakan adalah mesin injeksi Powerjet BJ80V1
3	<i>Mold</i> harus bisa dipasang pada mesin injeksi yang ditentukan	<i>Distance between tie bar</i> 355 x 300 mm, max <i>mold height</i> 300 mm, min <i>mold height</i> 135 mm

Tabel daftar tuntutan

4.3 Lay Out Cavity dan Runner

Berikut adalah alternatif *lay out cavity* dan *runner* yang dapat digunakan pada *mold* penyetting gesper helm.



Tabel alternatif *Lay out cavity* dan *runner*

Dari alternatif *lay out* tersebut dapat dilihat keuntungan dan kerugian seperti di bawah ini.

Alternatif 1	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Lay out</i> ini termasuk <i>runner balance</i>, sehingga setiap produk akan menerima aliran plastik yang sama. ▪ Proses pemesinan <i>insert cavity</i> lebih mudah. Karena menggunakan mesin CNC dengan satu kali setting mesin untuk semua pengerjaan sehingga waktu pemesinan lebih singkat. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Karena posisi produk tidak simetri, maka posisi <i>gate</i> akan tidak sama. Sehingga menimbulkan bekas patahan <i>gate</i> yang tidak sama. ▪ Jika salah satu bagian <i>insert</i> ada yang rusak, maka harus mengganti seluruh <i>insert</i> dan membutuhkan biaya yang lebih banyak.

Tabel keuntungan dan kerugian alternatif 1

Alternatif 2	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Lay out</i> ini termasuk <i>runner balance</i>, sehingga setiap produk akan menerima aliran plastik yang sama. ▪ Dengan beberapa <i>insert cavity</i>, maka apabila salah satu <i>insert</i> ada yang rusak akan lebih mudah untuk menggantinya dan tidak perlu mengganti seluruh <i>insert</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Butuh waktu lebih banyak dalam proses pemesinan pembuatan <i>insert cavity</i> daripada alternatif 1, karena setiap <i>insert</i> akan membutuhkan waktu untuk penyettingan mesin. ▪ Membutuhkan ruang yang lebih banyak untuk memberikan jarak antara <i>insert cavity</i> pada <i>mold base</i> dibandingkan dengan alternatif 1, sehingga butuh <i>mold base</i> dengan dimensi yang lebih besar.

Tabel Keuntungan dan kerugian alternatif 2

Alternatif 3	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Lay out</i> ini termasuk <i>runner balance</i>, sehingga setiap 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jika salah satu bagian <i>insert</i> ada yang rusak, maka harus

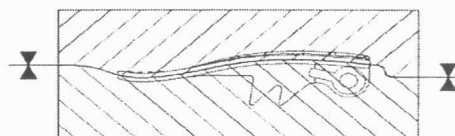
<ul style="list-style-type: none"> ▪ produk akan menerima aliran plastik yang sama. ▪ Proses pemesinan <i>insert cavity</i> lebih mudah. Karena menggunakan mesin CNC dengan satu kali setting mesin untuk semua pengerjaan sehingga waktu pemesinan lebih singkat. ▪ Posisi <i>gate</i> dibuat sama sehingga bekas patahan pada produk akan seragam. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ mengganti seluruh <i>insert</i> dan membutuhkan biaya yang lebih banyak.
--	--

Tabel keuntungan dan kerugian alternatif 3

Dari tabel ketiga alternatif yang dijelaskan diatas, maka setelah dipertimbangkan keuntungan dan kerugiannya yang dipilih *lay out cavity* dan *runner* alternatif 3.

4.4 Parting Line

Untuk produk penyetting gesper helm ini, CV.CSM menentukan posisi *parting line* seperti di bawah ini.

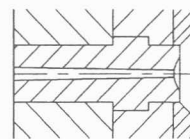


Gambar 8 : Parting line

4.5 Perancangan Sprue dan Runner

4.5.1 Perancangan Sprue

Sprue yang akan digunakan pada *mold* ini adalah menggunakan *sprue bush* seperti pada gambar di bawah ini.



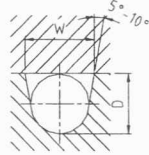
Gambar 9 : Sprue Bush

Penggunaan Sprue Bush

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aliran plastik akan lebih mudah mengalir. ▪ Jika ada kerusakan, cukup mengganti <i>sprue bushing</i> saja. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memerlukan biaya tambahan untuk <i>sprue bushing</i> dan membuat lubang dudukannya.

4.5.2 Perancangan Runner

Penampang *runner* yang akan digunakan pada *mold* ini adalah penampang *runner* dengan bentuk parabola seperti di bawah ini.



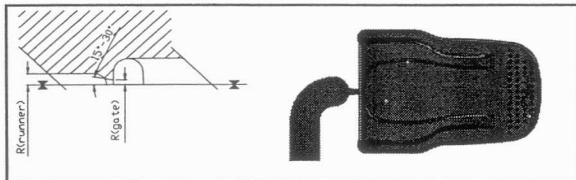
Gambar 10 : Penampang *runner* parabola

Penampang <i>runner</i> parabola	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> Bentuk paling baik dari pendekatan bentuk <i>circular cross section</i>. Proses pemesinan hanya satu bagian dari <i> mold </i> saja (biasanya terdapat pada <i>moving plate</i> dengan alasan untuk sistem <i>ejector</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> Lebih banyak kehilangan panas. Lebih banyak plastik yang terbuang (<i>scrap</i>).

Tabel keuntungan dan kerugian *runner*

4.6 Perancangan Gate

Dengan mempertimbangkan bentuk produk, maka *gate* yang paling sesuai adalah jenis *edge gate*. Walaupun *edge gate* ini akan menimbulkan bekas patahan, tetapi tidak akan mengganggu tampilan produk.

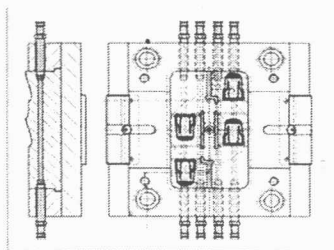


Gambar 11 : *Edge gate*

4.7 Perancangan Sistem Pendingin

4.7.1 Perancangan Sistem Pendingin *Cavity*

Berikut adalah *lay out* sistem pendingin yang digunakan pada *cavity*.



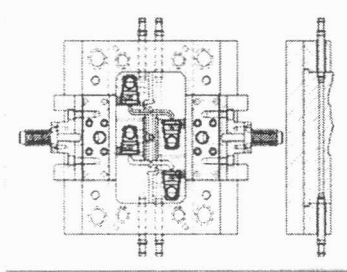
Gambar 12 : Sistem pendingin *cavity*

Sistem pendingin pada <i>cavity</i>	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> Mudah dalam proses pemesinan. Konstruksi sederhana. 	<ul style="list-style-type: none"> Pendinginan tidak merata pada seluruh plat.

Tabel keuntungan dan kerugian sistem pendingin pada *cavity*

4.7.2 Perancangan Sistem Pendingin *Core*

Berikut adalah *lay out* sistem pendingin yang digunakan pada *core*.



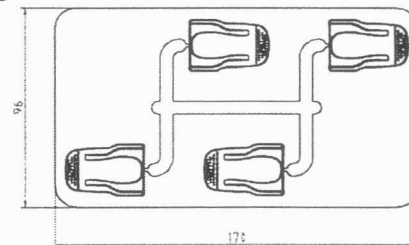
Gambar 12 : Sistem pendingin *core*

Sistem pendingin pada <i>core</i>	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> Mudah dalam proses pemesinan. Konstruksi sederhana. 	<ul style="list-style-type: none"> Pendinginan tidak merata pada seluruh plat.

Tabel keuntungan dan kerugian sistem pendingin pada *core*

4.8 Pemilihan *Mold Base*

Dengan pemilihan *lay out cavity* yang sebelumnya sudah dipilih, maka dapat diperhitungkan dimensi terluar dari *insert cavity* yang akan dibuat adalah sebagai berikut.



Gambar 13 : Dimensi *insert*

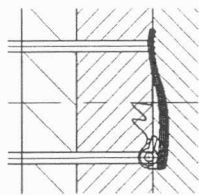
Dengan dimensi seperti pada gambar diatas, maka dapat ditentukan dimensi *mold base* yang akan

digunakan. *Mold base* tersebut adalah HOPPT 2025 dengan dimensi terluar 250 mm x 250 mm.

4.9 Perancangan Sistem Mekanis

4.9.1 Perancangan Sistem Ejeksi

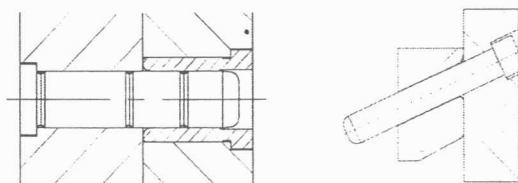
Sistem ejeksi yang paling sesuai adalah menggunakan *ejector pin*. Penggunaan *ejector pin* ini akan menimbulkan bekas lubang pada produk. Tetapi karena pada tuntutan produk permukaan bawah produk tidak dijadikan masalah, maka penggunaan *ejector pin* bisa dilakukan walaupun menimbulkan bekas pada produk. Selain itu letak *ejector pin* dan ukuran lubang untuk *ejector pin* ini dapat digunakan untuk saluran udara (*venting*) pada rongga cetak.



Gambar 14 : *Ejector Pin*

4.9.2 Perancangan Sistem Pengarah

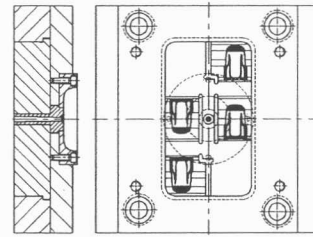
Untuk perancangan sistem pengarah pada *mold* ini, dibutuhkan beberapa pengarah untuk mengarahkan pergerakan *moving plate* (*core plate*) terhadap *fix plate* (*cavity plate*). Sedangkan untuk pemasangan pelat lainnya seperti *top clamping plate* dengan *cavity plate*, kemudian *bottom clamping plate*, *spacer block*, dan *support plate* tidak perlu pengarah khusus karena pada bagian tersebut tidak ada fungsi khusus yang harus di arahkan penempatannya. Untuk mengarahkan pergerakan *moving plate* (*core plate*) terhadap *fix plate* (*cavity plate*), digunakan *guide pin* yang berasal dari bawaan *mold base* standar. Karena sistem pengarah tersebut sudah tersedia dan tidak perlu dibuat sendiri. Selain itu karena pada produk membutuhkan konstruksi *slider* untuk membuat lubang dan bentuk pada bagian sisi produk, maka dibutuhkan pengarah untuk pergerakan *slider* saat *mold* membuka dan menutup. Sistem pengarah yang akan digunakan adalah pena miring (*angular pin*) yang umum digunakan pada *mold* dengan *slider*.



Gambar 15 : *Guide bush - pin, angular pin*

4.9.3 Perancangan Pengikatan Insert

Untuk pengikatan *insert* pada *cavity* dan *core* menggunakan alur kuping seperti berikut ini.



Gambar 23 : Pengikatan *insert*

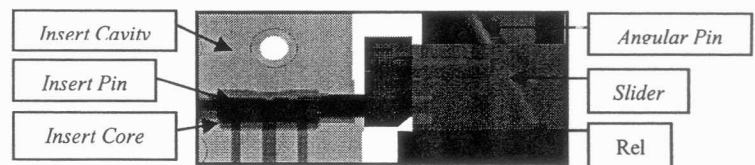
Pengikatan Insert dengan alur kuping	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konstruksi sederhana. ▪ Menghindari kerusakan pengikatan <i>insert</i>. ▪ Mudah dalam proses Assembly 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sulit dalam proses pemesinan.

Tabel keuntungan dan kerugian pengikatan *insert*

4.9.4 Perancangan Sistem Slider

Pada *mold* ini terdapat konstruksi *slider* untuk membuat bentuk lubang dan dudukan *spring* pada bagian sisi produk.

Berikut ini adalah perancangan konstruksi *slider* yang akan digunakan pada *mold* yang akan dibuat.



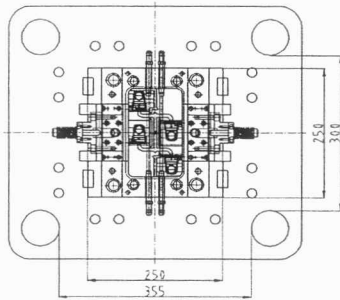
Gambar 16 : Sistem *Slider*

Prinsip kerja dari konstruksi *slider* diatas adalah ketika *mold* menutup maka *slider* akan bergerak maju dan masuk pada *insert core*, kemudian material plastik akan masuk dan memenuhi rongga cetak yang ada, dan terakhir ketika *mold* terbuka maka *slider* bergerak keluar dari *insert core*. Sehingga bentuk *insert pin* akan membentuk lubang pada produk seperti yang diinginkan.

4.9.5 Pemasangan Pada Mesin Injeksi

Untuk pemasangan *mold* pada mesin injeksi harus memperhatikan letak *slider* agar tidak menghalangi produk saat jatuh dari *mold*. Pemasangan *mold*

tersebut dapat dilakukan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 17 : Pemasangan pada mesin injeksi

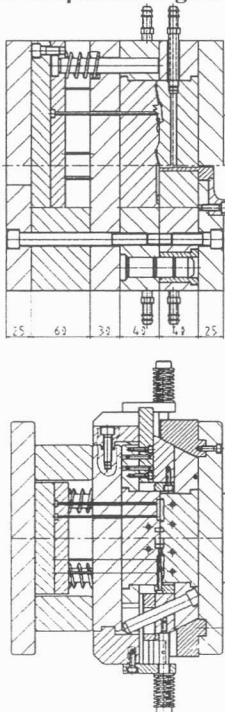
4.10 Pemilihan Part Aktif

Material part aktif adalah material yang berhubungan dengan plastik. Sesuai dengan tuntutan *customer* bahwa permukaan produk harus halus maka dibutuhkan material cetakan yang mempunyai *finishing surface* dan *polishing* yang baik. Berdasarkan tuntutan diatas maka material yang digunakan adalah K-456 (1.2312). Berikut data mengenai material K-456.

No	Jenis Material	Supplier	Harga / Kg	Harga Kekerasan
1	K-456 (prehardened)	Bohler	Rp.57.500,-	30 – 32 HRC

Tabel Material K-456

4.11 Konsep Rancangan



Gambar 18 : Konsep rancangan

5. ANALISIS & PERHITUNGAN PERANCANGAN DAN ESTIMASI BIAYA

5.1 Perhitungan Data Teknis

5.1.1 Gaya Cekam

5.1.1.1 Metoda DEMAG

Untuk menghitung gaya cekam (*clamping force*) dengan metoda *DEMAG*, dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$F_c = P_{spec} \times A_{pro} \rightarrow P_{spec} = L_p \times sf$$

- Ket :
- F_c = Gaya cekam
 - P_{spec} = *Specific internal pressure*
 - A_{pro} = Luas proyeksi produk
 - L_p = *Flow path*
 - sf = Faktor ketebalan dinding

Dari tabel faktor ketebalan dinding didapatkan $sf = 12 \text{ kg/cm}^3$.

$$\begin{aligned} \text{Maka, } P_{spec} &= 4,1 \text{ cm} \times 12 \text{ kg/cm}^3 \\ &= 49,2 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_c &= P_{spec} \times A_{pro} \times \text{jumlah cavity} \\ &= 49,2 \text{ kg/cm}^2 \times 8,18 \text{ cm}^2 \times 4 \\ &= 1609,8 \text{ Kg} = \underline{1,609 \text{ Ton}} = \underline{16,09 \text{ KN}} \end{aligned}$$

5.1.1.2 Metoda TATMING

Untuk menghitung gaya cekam (*clamping force*) dengan metoda *TATMING*, dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$F_c = \text{cavity pressure} \times A_{pro}$
 \rightarrow *cavity pressure* didapatkan dari diagram ketebalan dinding.

Flow path to thickness ratio

$$\begin{aligned} &= L_p / T \\ &= 41 \text{ mm} / 1,5 \text{ mm} \\ &= 27,3 \end{aligned}$$

Dari diagram ketebalan dinding 1,5 mm didapatkan *cavity pressure* sebesar 50 bar (1 bar = 1,02 kg/cm²).

Maka,

$$\begin{aligned} F_c &= \text{Cavity pressure} \times A_{pro} \times \text{jumlah cavity} \\ &= (50 \text{ bar} \times 1,02 \text{ kg/cm}^2) \times 8,18 \text{ cm}^2 \times 4 \\ &= 51 \text{ kg/cm}^2 \times 8,18 \text{ cm}^2 \times 4 \\ &= 417,18 \text{ Kg} \times 4 \\ &= 1668,72 \text{ Kg} \\ &= \underline{1,668 \text{ Ton}} \\ &= \underline{16,68 \text{ KN}} \end{aligned}$$

Dari perhitungan *clamping force* tersebut, didapat gaya cekam yang dibutuhkan *modal* sebesar 1,668 Ton. Sehingga *modal* ini dapat digunakan pada mesin injeksi Powerjet BJ80V1 yang memiliki gaya cekam sebesar 80 Ton.

5.1.2 Runner

5.1.2.1 Dimensi Runner Sekunder

Dengan *lay out cavity* yang sudah dipilih sebelumnya, dapat ditentukan panjang *runner* sekunder. Maka ukuran *runner sekunder* dapat dihitung seperti di bawah ini.

$$\text{Secara empiris, maka } D = S_{\text{maks.}} + 1,5 \text{ (mm)}$$

$$D = 1,5 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} = \underline{3 \text{ mm}}$$

Atau berdasarkan perhitungan secara teoritis,

$$D = \frac{\sqrt[3]{2,97 \text{ gr}}}{3,7} \times \sqrt[3]{36,5 \text{ mm}} = \underline{1,144 \text{ mm}}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapat diameter *runner* sebesar 1,144 mm. Karena hasil perhitungan tersebut kurang dari 2 mm, maka diambil ukuran diameter *runner* yang terkecil berdasarkan standar PMS 1-152 yaitu 2 mm.

5.1.2.2 Dimensi Runner Primer

Dengan *lay out cavity* yang sudah dipilih sebelumnya, maka ukuran *runner primer* dapat dihitung seperti di bawah ini.

$$W = (W_{\text{runner sekunder}} + W_{\text{produk}}) \times 2 = (1,052 \text{ gr} + 2,97 \text{ gr}) \times 2 = 8,044 \text{ gr}$$

$$\text{Secara empiris, maka } D = S_{\text{maks.}} + 1,5 \text{ (mm)}$$

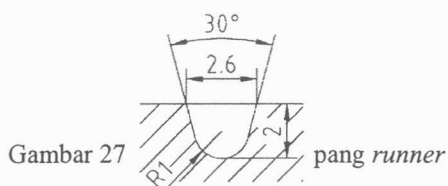
$$D = 1,5 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} = \underline{3 \text{ mm}}$$

Atau berdasarkan perhitungan secara teoritis

$$D = \frac{\sqrt[3]{8,044 \text{ gr}}}{3,7} \times \sqrt[3]{32,5 \text{ mm}} = \underline{1,830 \text{ mm}}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapat diameter *runner* sebesar 1,830 mm. Karena hasil perhitungan tersebut kurang dari 2 mm, maka diambil ukuran diameter *runner* yang terkecil berdasarkan standar PMS 1-152 yaitu 2 mm.

Dari hasil perhitungan tersebut, didapat dimensi *runner* yang sama untuk *runner primer* dan sekunder yaitu dengan diameter 2 mm.



5.1.3 Gate

Dalam menentukan dimensi *gate* didapat dari pendekatan rasio luas *gate* : luas *runner* = 1 : 14 s.d. 20

Diketahui : $A_{\text{runner}} = 3,9114 \text{ mm}^2$ (sumber dari hasil analisis *software Auto CAD 2008*)

$$A_{\text{gate}} = \frac{A_{\text{runner}}}{14} = 0,28 \text{ mm}^2, \text{ Maka:}$$

$$D_{\text{gate}} = \sqrt{\frac{A_{\text{gate}} \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,28 \times 4}{\pi}} = 0,596 \approx$$

0,6 mm

5.1.4 Penyusutan (Shrinkage)

Dari tabel penyusutan material plastik didapat harga penyusutan produk sebesar 1,5 – 2 %. Oleh karena itu, dimensi *cavity* dan *core* disesuaikan dengan besarnya penyusutan tersebut. Perubahan dimensi tersebut langsung dilakukan pada dimensi produk pada model solid 3D yang tersedia, yaitu dengan memperbesar dimensi sebesar 1,02 kali lebih besar dari ukuran sebenarnya.

5.2 Kontrol Jumlah Cavity

5.2.1 Berdasarkan Gaya Cekam Mesin

Pengontrolan jumlah *cavity* berdasarkan gaya cekam mesin dapat dihitung dengan rumus :

$$N_1 = \frac{F}{(P \cdot A_p)} - \frac{A_r}{A_p}$$

- N_1 = jumlah *cavity*
- F_c = gaya cekam mesin : 800 kN
- p = tekanan injeksi : 2200 N/cm²
- A_p = luas proyeksi produk : 818,96 mm²
: 8,18 cm²
- A_r = luas proyeksi *runner* : 138,02 mm²
: 1,38 cm²

Tekanan injeksi yang digunakan adalah 1/3 dari tekanan injeksi mesin yaitu 2200 N/cm² / 3 = 733,3 N/cm². Maka :

$$N_1 = \frac{800000}{(733,3 \cdot 8,18)} - \frac{1,38}{8,18} = 133,19$$

→ 134 > 4 cavity

Maka untuk 4 *cavity*, kemampuan mesin ini cukup untuk melakukan injeksi.

5.2.2 Berdasarkan Kapasitas Injeksi Mesin

Untuk mengontrol jumlah *cavity* berdasarkan kapasitas injeksi mesin dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$N_2 = \frac{S_v}{(V_p + V_r)}$$

- N_2 = jumlah *cavity*
- S_v = kapasitas injeksi : 99 cm³
- V_p = volume produk : 3111,26 mm³
: 3,1 cm³
- V_r = volume *runner* : 276,03 mm³
: 0,276 cm³

$$\text{Maka: } N_2 = \frac{99}{(3,1 + 0,276)} = 29,32$$

→ $29,32 > 4 \text{ cavity}$

Maka untuk 4 *cavity*, kemampuan mesin ini cukup untuk melakukan injeksi.

5.2.3 Berdasarkan Kapasitas Alir Mesin

Untuk mengontrol jumlah *cavity* berdasarkan kapasitas alir mesin dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$N_3 = \frac{tc \cdot Q}{(V_p + V_r)}$$

- N_3 = jumlah *cavity*
- tc = estimasi *cycle time* : 15 detik
- Q = *machine injection rate* : 39 gr/s
- : 40,83 cm³/s
- $V_{(p+r)}$ = volume produk + *runner* : 3,376 cm³

$$\text{Maka, } N_3 = \frac{15 \cdot 40,83}{3,376} = 181,41 \rightarrow$$

$181,41 > 4 \text{ cavity}$

Maka untuk 4 *cavity*, kemampuan mesin ini cukup untuk melakukan injeksi.

5.2.4 Berdasarkan Kapasitas *Plasticizing* Mesin

Untuk mengontrol jumlah *cavity* berdasarkan kapasitas *plasticizing* mesin dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$N_4 = \frac{tc \cdot R}{(V_p + V_r) \rho}$$

- N_4 = jumlah *cavity*
- tc = estimasi *cycle time* : 15 detik
- R = kapasitas *plasticizing* mesin : 10 gr/s
- $V_{(p+r)}$ = volume produk + *runner* : 3,376 cm³
- ρ = massa jenis produk : 0,955 gr / cm³

$$\text{Maka: } N_4 = \frac{15 \cdot 10}{3,376 \cdot 0,955} = 46,52$$

→ $46,52 > 4 \text{ cavity}$

Maka untuk 4 *cavity*, kemampuan mesin ini cukup untuk melakukan injeksi.

5.3 Penentuan Dimensi Pegas

5.3.1 Dimensi Pegas Return Pin

5.3.1.1 Secara Empirik

Untuk penentuan dimensi pegas pada *return pin* secara empirik dapat dilakukan berdasarkan diameter *return pin* yang terdapat pada *modal base* yang digunakan. Untuk produk penyetting gesper helm ini *modal base* yang digunakan adalah HOPPT 2025 dengan diameter *return pin* 15 mm. Maka diambil diameter dalam pegas 16,5 mm dengan defleksi 10 mm. Untuk itu pegas yang dipilih adalah ACME CWS - 26 - 40 dengan defleksi 20 mm dan beban maksimal 568,8 N.

5.3.1.2 Secara Analitis

Untuk penentuan dimensi pegas pada *return pin* secara analitis dapat dilakukan dengan menghitung gaya gesek akibat massa *ejector plate*, *ejector retainer plate*, dan *return pin* yang akan dilawan oleh gaya pegas.

$$\begin{aligned} V_{\text{ejector plate}} &= 600.000 \text{ mm}^3 = 600 \text{ cm}^3 \\ V_{\text{ejector retainer plate}} &= 450.000 \text{ mm}^3 = 450 \text{ cm}^3 \\ V_{\text{return pin}} &= 138.230 \text{ mm}^3 = 138,23 \text{ cm}^3 \\ V_{\text{Total}} &= 1188,23 \text{ cm}^3 \\ \rho \text{ (massa jenis S 50 C)} &= 7,86 \text{ gr/cm}^3 \\ g \text{ (percepatan gravitasi)} &= 10 \text{ m/s}^2 \\ \mu \text{ (koef. Gesek baja)} &= 0,1 \\ m_{\text{total}} &= 1188,23 \text{ cm}^3 \times 7,86 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 9340 \text{ Gr} = 9,34 \text{ Kg} \\ F_N &= m_{\text{total}} \times g \\ &= 9,34 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 93,4 \text{ N} \\ F_{\text{gesek}} &= F_N \times \mu \\ &= 93,4 \text{ N} \times 0,1 \\ &= 9,34 \text{ N} \end{aligned}$$

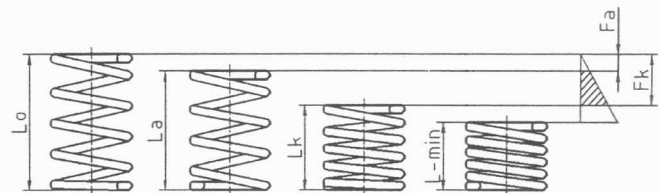


Diagram pegas ACME CWS - 26 - 40

5.3.2 Dimensi Pegas *Slider*

5.3.2.1 Secara Empirik

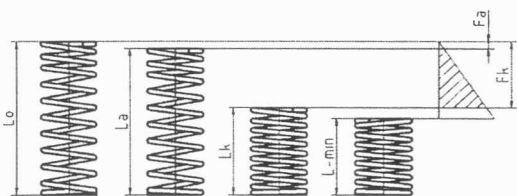
Untuk penentuan dimensi pegas pada *slider* secara empirik dapat dilakukan berdasarkan diameter *puller bolt* yang digunakan. Pada konstruksi *slider* ini menggunakan *puller bolt* M6 x 80 dengan diameter 10 mm. Maka pegas yang digunakan dengan diameter dalam 10,5 mm dan defleksi 25 mm. Untuk itu pegas yang dipilih adalah ACME CSF - 22 - 65 dengan beban maksimal 392 N.

5.3.2.2 Secara Analitis

Untuk penentuan dimensi pegas pada *slider* secara analitis dapat dilakukan dengan menghitung gaya gesek akibat massa *slider* yang akan dilawan oleh gaya pegas.

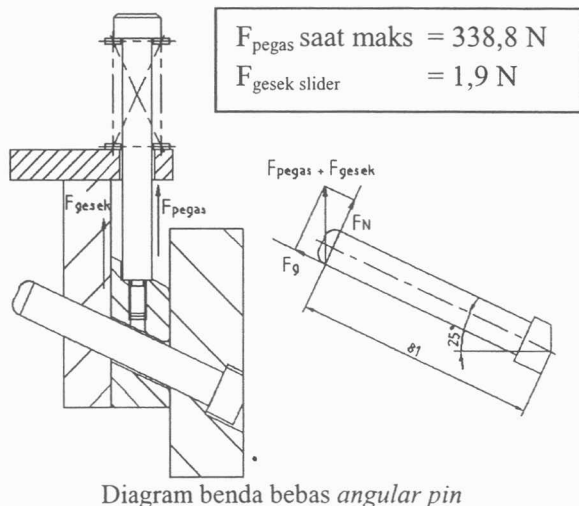
$$\begin{aligned}
 V_{\text{slider}} &= 121.000 \text{ mm}^3 = 121 \text{ cm}^3 \\
 V_{\text{slider holder}} &= 55.440 \text{ mm}^3 = 55,44 \text{ cm}^3 \\
 V_{\text{slider rel}} &= 64.600 \text{ mm}^3 = 64,6 \text{ cm}^3 \\
 V_{\text{insert pin}} &= [(\pi \times 3^2) \times 4] + [(\pi \times 1,5^2) \times 39,5] \\
 &= 392,23 \text{ mm}^3 = 0,392 \text{ cm}^3 \\
 V_{\text{total}} &= V_{\text{slider}} + V_{\text{slider holder}} + V_{\text{slider rel}} + V_{\text{insert pin}} \\
 &= 121 + 55,44 + 64,6 + 0,392 \\
 &= 241,432 \text{ cm}^3 \\
 \rho \text{ (massa jenis k-456)} &= 7,85 \text{ gr/cm}^3 \\
 g \text{ (percepatan gravitasi)} &= 10 \text{ m/s}^2 \\
 \mu \text{ (koef. gesek baja)} &= 0,1 \\
 M_{\text{total}} &= V_{\text{total}} \times \rho \\
 &= 241,432 \text{ cm}^3 \times 7,85 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 1895,2412 \text{ gr} = 1,9 \text{ Kg} \\
 F_N &= M_{\text{total}} \times g \\
 &= 1,9 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\
 &= 19 \text{ N} \\
 F_{\text{gesek}} &= F_N \times \mu \\
 &= 19 \text{ N} \times 0,1 \\
 &= 1,9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka pegas yang digunakan dengan beban maksimal 392 N bisa digunakan untuk *modal* ini.



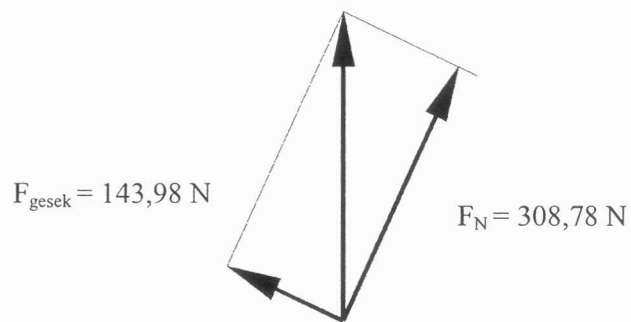
5.4 Kontrol Angular Pin

Untuk mengontrol kekuatan *angular pin* dapat menggunakan teori tegangan bengkok dan momen bengkok. Berikut analisa gaya yang terjadi pada *angular pin*.



Untuk mendapatkan gaya normal *angular pin* dapat menggunakan metoda poligon gaya, sehingga didapatkan gaya normal sebesar 308,78 N.

$$F_{\text{pegas}} + F_{\text{gesek slider}} = 340,7 \text{ N}$$



Gambar 19 : Poligon Gaya

Untuk mendapatkan gaya normal *angular pin* dapat menggunakan metoda poligon gaya, sehingga didapatkan gaya normal sebesar 308,78 N.

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } M_{b_{\text{max}}} &= F_N \times s \\
 &= 308,78 \text{ N} \times 81 \text{ mm} \\
 &= 25.011,18 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{iz} \text{ (SUJ-2)} = 1216,875 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{iz} = \frac{Mb}{Wb} \rightarrow Wb = \frac{Mb}{\sigma_{iz}} \rightarrow \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{Mb}{\sigma_{iz}} \rightarrow d =$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{Mb \cdot 32}{\pi \cdot \sigma_{iz}}}$$

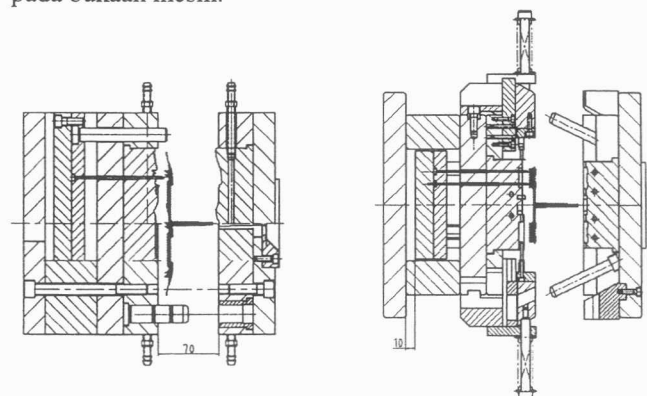
Maka,

$$d = \sqrt[3]{\frac{25011,18 \text{ Nmm} \times 32}{\pi \times 1216,875 \text{ N/mm}^2}} = 5,93 \text{ mm}$$

Diameter *angular pin* yang dapat digunakan minimal 5,93 mm, sehingga yang digunakan adalah *angular pin* dengan diameter 13 mm dengan standar ACME APST - 13 - 90.

5.5 Langkah Buka Mold

Dengan konsep perancangan yang sudah dibuat sebelumnya, didapat *modal height* pada *modal* yang akan dirancang yaitu 220 mm. Setelah mengetahui *modal height* ini, dikontrol langkah bukaan *modal* pada bukaan mesin.



Gambar 20 : Bukaan *Modal*

Bukaan *mold* yang akan dirancang adalah 70 mm. Jika ditambahkan dengan *mold height* maka total jarak yang dibutuhkan adalah 290 mm. Dengan max *daylight* mesin 570 mm, maka *mold* bisa digunakan pada mesin ini. Selain itu *ejector stroke* yang dibutuhkan *mold* hanya 10 mm, sehingga *ejector stroke* mesin mencukupi untuk melakukan eaksi.

5.6 Cycle Time

Untuk menghitung *cycle time* dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Cycle time} = \text{mold closing time} + \text{injection time} + \text{holding time} + \text{cooling time} + \text{mold opening time}$$

Dimana :

- <i>Mold closing time</i>	= 1 s
- <i>Holding time</i>	= 2 s
- <i>Mold opening time</i>	= 1 s
- <i>Injection time</i>	= 0,082 s
- <i>Cooling time</i>	= 7,57 s

Maka,

$$\text{cycle time} = 1 + 2 + 1 + 0,08 + 7,57 = \underline{11,65 \text{ s}}$$

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari seluruh kegiatan perancangan dan pembuatan *mold* penyetting gesper helm ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis, *mold* ini dapat menghasilkan produk penyetting gesper helm sesuai dengan rancangan produk yang diinginkan.
2. Berdasarkan perhitungan gaya cekam yang dibutuhkan *mold* penyetting gesper helm ini adalah sebesar 1,668 TonF. Sedangkan gaya cekam mesin injeksi Powerjet BJ80V1 adalah sebesar 80 TonF. Maka *mold* penyetting gesper helm ini dapat digunakan pada mesin injeksi Powerjet BJ80V1 karena gaya cekam mesin lebih besar daripada gaya cekam yang dibutuhkan *mold*.
3. Pada *mold* penyetting gesper helm terdapat 22 part yang membutuhkan proses pemesinan.
4. Dari hasil perhitungan estimasi biaya, maka biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan *mold*

penyetting gesper helm ini adalah sebesar Rp.18.372.820,-

6.2 Saran

Dalam pembahasan materi tugas akhir ini penulis juga ingin menyampaikan saran sebagai sarana pembelajaran bersama, saran-saran tersebut diantaranya:

1. Untuk produk yang akan dibuat baik itu produk itu sendiri maupun *toolnya*, sebaiknya tidak dibuat modelnya saja, tetapi juga dibuat gambar kerjanya. Hal ini untuk memudahkan apabila suatu saat akan membuat *tool* yang sama tetapi dibuat oleh osrang yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiarto. 2002. *Perancangan Peralatan Pencetak*. Bandung. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- Chandra, Budiman. 2007. *Hand Out Plastic Injection Molding Fundamental*. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- Menges, Georg dan Paul Mohren. 1986. *How to Make Injection Molds*. Macmilan. Hanser Publishers.
- Rahman Hakim, Adies. 2002. *Kekuatan Bahan Dasar*. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
- Rahman Hakim, Adies. 2007. *Hand Out Kekuatan Bahan*. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- Rochim, Taufik. 1993. *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Jakarta. Institut Teknologi Bandung.