

Perancangan Sistem Pengecoran Logam *Injection Die Casting* Produk Handel Rem Sepeda Motor dengan Simulasi Program *C Mold*

Hakam Muzakki*

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

Abstrak

Pengecoran die casting dengan sistem injeksi dengan produk handel rem sepeda motor yang telah dilakukan pada tugas akhir terdahulu mengalami beberapa permasalahan antara lain cacat pada produk yang dihasilkan diantaranya adalah cacat retak, cacat porosity, cacat misrun dan cacat flash. Untuk memaksimalkan hasil analisa yang akan dilakukan maka dipakai program simulasi c mold yaitu program khusus untuk menganalisa proses pada pengecoran die casting. Cacat retak disebabkan karena kondisi pada titik tersebut adalah kondisi yang paling lemah dengan banyaknya weld line pada program simulasi tersebut. Cacat porosity disebabkan terjebaknya udara dalam logam cair, solusinya adalah dengan menambahkan lubang vent sehingga udara dapat keluar. Cacat misrun disebabkan kurangnya volume yang diinjeksikan. Penyebabnya adalah karena cawan tuang yang tidak standar. Solusinya dibuatkan cawan tuang khusus, volume logam cair adalah 66 cm³. Cacat flash terjadi karena membukanya tangkupan male die dan female die yang disebabkan kurangnya gaya pengunci dies. Gaya yang dibutuhkan untuk mengunci dies adalah sebesar 26,9 Newton. Solusi dari beberapa cacat yang terjadi adalah dengan memindahkan titik injeksi dengan menggunakan program simulasi c mold dengan mencari posisi yang paling minimal terjadinya cacat pada produk pengecoran. Program simulasi sangat dibutuhkan untuk memprediksi suatu kesalahan-kesalahan yang akan terjadi sebelum masuk pada tingkat uji coba atau praktek. Kesalahan human error pada saat proses pengecoran menjadi kendala utama sehingga kesalahan masih terjadi. Maka mesin injeksi die casting sistem otomatis yang lebih canggih. Pada proses pengecoran jenis cold chamber ini sangat pesat perkembangannya sehingga kita harus banyak membaca dan membuka wawasan kita terhadap perkembangan terbaru. Adapun buku-buku yang lama masih harus dibaca sebagai dasar dan pegangan utama.

Kata kunci : die casting, sistem injeksi, c mold

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan sarana transportasi terus meningkat yang dibuktikan dengan semakin meningkatnya penjualan otomotif dari tahun ketahun meskipun krisis ekonomi global belum berakhir. Kebutuhan suku cadang dari otomotif juga terus meningkat sehingga proses produksi juga harus diperbaiki sistem maupun kualitas dari produk, proses produksi utama dari suku cadang otomotif terutama sepeda motor yaitu pengecoran logam. Sedangkan dalam proses pengecoran logam masih banyak kendala terutama dalam sistem-sistem yang harus diperhatikan sebagai berikut (1) logam cair tidak sampai mengisi penuh pada *cavity*, (2) *slide* pada cetakan bergerak mengalami bengkok, dan (3) pengeluaran benda coran menjadi sangat sulit dikarenakan logam aluminium dengan logam cetakan membutuhkan penghalang atau media

* Correspondence: Muzakki.h@gmail.com, Hakam_Muzakki@unijoyo.ac.id

agar produk lebih mudah untuk dikeluarkan. Kemudian setelah dilakukan beberapa analisis, kami melakukan perbaikan-perbaikan antara lain: (1) sistem injeksi menggunakan sistem pneumatik karena untuk mencapai kecepatan injeksi yang lebih tinggi, (2) konstruksi dari *slide* diperbaiki sehingga bisa menahan beban dari cetakan dan tidak korosif, dan (3) penggunaan cairan kapur sebagai mediasi agar cetakan dengan produk cetakan lebih mudah untuk dilepas pada saat proses pengeluaran.

Walaupun analisis dan uji coba dari penelitian sebelumnya sudah terjawab, akan tetapi hasil uji coba di lapangan produk hasil pengecoran mengalami beberapa cacat produk antara lain cacat retak, cacat *porosity*, cacat *misrun*, dan cacat *flash*. Oleh karena itu, peneliti mencoba untuk menganalisis dan menghitung dengan program simulasi *c mold* yang didesain khusus untuk mendesain suatu cetakan, menganalisis proses dan hasil cetakan. Sehingga didapat hasil yang maksimal dengan biaya yang minimal.

a. Desain cetakan

Beberapa kebutuhan dalam perencanaan cetakan menurut Heryana dan Dadan (1998) adalah:

1. Dimensi pada perakitan gambar dimasukkan.
2. Langkah saat terbuka.
3. Perubahan semua perpindahan bagian (*plat ejektor, core slider, quick ejektor pin, dan carrier pin*).
4. Tinggi dan lebar.
5. Detail keseluruhan secara garis besar.
6. Standar tool yang mungkin akan dirakit seperti halnya *ejektor pin, leader pin dan spure bushin*.
7. Ukuran semua material.
8. Ukuran nominal yang diharuskan.
9. kebutuhan untuk *heat treatment*.
10. Detail bagian jika diperlukan.

b. Aliran edar logam cair.

Beberapa bentuk membutuhkan desain *gating* sistem yang berbeda. Tahap pertama adalah memastikan alir edar yang ideal untuk mengisi rongga *cavity*. Kemudian beberapa bagian yang akan di lakukan pengecoran harus dianalisis, penempatan *gate* harus tepat sehingga mampu mengalirkan logam cair sampai pada bagian ujung dari benda coran. Untuk penentuan *volume* diperoleh dari pembagian ukuran menjadi beberapa bagian kemudian dilakukan penjumlahan secara keseluruhan (Lushsinger, 1982).

c. Penentuan aliran panas

Die casting dipenuhi dengan panas mulai dari logam cair pada tungku tuang hingga sampai pada *cavity*. Hilangnya panas mengakibatkan pendinginan pada logam. Jika laju panas terlalu cepat, maka cacat *chill* akan terjadi pada material hasil *casting*. Sebaliknya apabila laju panas terlalu pelan, maka akan memperpanjang *cycle time* dan waktu menjadi tidak produktif. Panjangnya *cycle time* mungkin akan menyebabkan masalah *ejektor* atau pecah. dan jika aliran panas pelan dan *cycle time* tidak cukup lama, maka kemungkinan cetakan akan retak saat proses pengeluaran, dan cetakan ketika sudah keras maka *ejektor* akan sangat sulit mengeluarkannya dan akan terjadi masalah pada *ejektor* selanjutnya (Doehler, 1951).

Perhitungan untuk aliran panas dapat dihitung dengan rumus dari *designing die casting dies* (Herman, 1992) :

$$Q_1 = R V_1 \{(T_1 - T_e)(C_p) + \lambda\}$$

dimana :

$Q_1 = \text{Heat rate Btu / har (Watts)}$

$V_1 = \text{Volume thermal (cu.mm)}$

$T_1 = \text{Temperatur eaksi (C)}$

$C_p = \text{Panas spesifik (joules/mm}^3\text{-C)}$

$\lambda = \text{Panas laten (joule/mm}^3\text{)}$

$R = \text{Casting rate (cycle/sec)}$

Analisis dimensi

Die casting adalah proses pembentukan yang presisi. Walaupun banyak sekali spesifikasi dimensi yang dipaksakan. Batas tersebut menyebabkan toleransi pada dimensi *casting* dan beberapa fungsi perpindahan pada *dies*. Desainer *dies* harus menganalisis semua dimensi *casting*, jarak antara *dies* atau komponen *dies* yang lain, *parting line* memisahkan setengah *dies* dengan setengahnya, yang juga menyebabkan *flatness*.

Tabel 1. Variasi dimensi *linear* dengan operasi normal

Panjang dimensi	Toleransi dalam <i>inch</i>			
	<i>Die casting alloy</i>			
	<i>Zinc</i>	<i>Aluminium</i>	<i>Magnesium</i>	<i>Copper</i>
Toleransi <i>die</i>	0.0085	0.008	0.008	0.014
Toleransi yang <u>Up tp</u> 12	0.0015	0.002	0.002	0.003
dijijinkan <u>Over</u> 13	0.001	0.001	0.001	XX

d. Perhitungan gaya

Perhitungan gaya pada *die casting* adalah mengimbangi saat tekanan injeksi menekan logam cair ke dalam *cavity* agar cetakan tidak sampai terbuka. Pengunci *dies* gaya yang bekerja atau dibutuhkan untuk mengunci *dies* dapat dihitung dari *designing die casting dies* dengan persamaan dibawah ini (Herman, 1992):

$$F = C P A (D/d)^2 (I)$$

dimana :

F = Gaya yang dibutuhkan untuk menahan *dies* tetap tertutup (kN)

C = Konstanta ton/2000 lb (I)

P = Tekanan injeksi *psi(kpa)*

A = Luasan proeksi *cavity sq.in (sq.m)*

D = Diameter silinder injeksi *in (mm)*

d = Diameter *plunger in (mm)*

I = *freeze* faktor

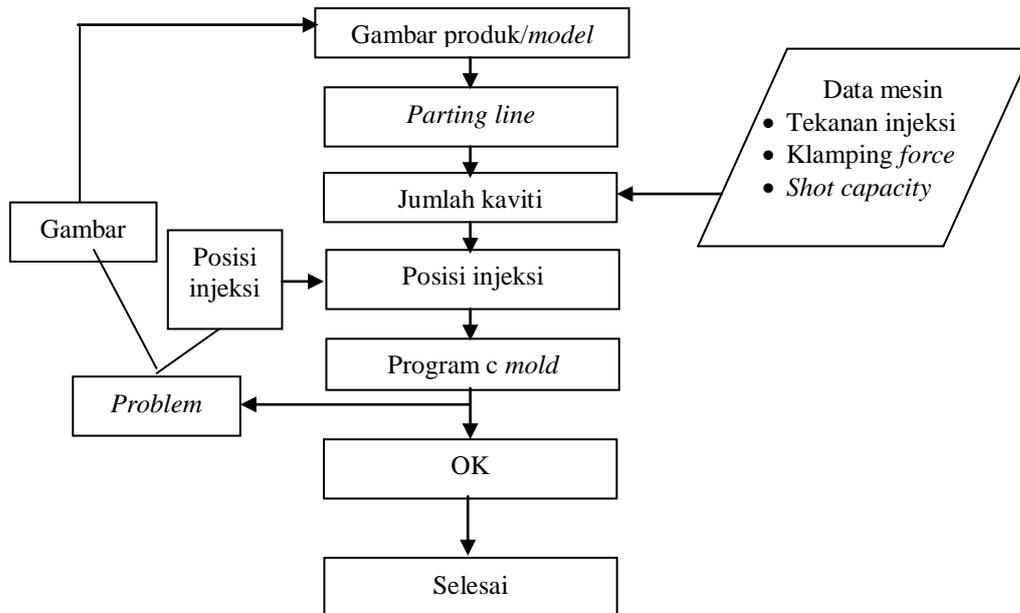
harga I biasanya langsung ditentukan antara 0.6 – 0.8.

e. C MOLD 3D QuickFill

C-MOLD 3D QuickFill adalah peralatan berupa *software CAE* plastik yang dapat membantu untuk mendesain bagian cetakan dan membantu dalam keputusan teknis para engineer dan proses *manufacturing* pada tahap lebih dini dalam pengembangan produk. Informasi yang disediakan oleh 3D QuickFill membantu desainer dalam *test feasibility, manufacturability, cost, dan performance concerns*. Kemampuan C-MOLD 3D QuickFill adalah simulasi saat pengisian dan menyediakan *solution advice*. 3D QuickFill memakai *solid geometry models* dari *CAD software*.

2. Metode Penelitian

Dalam analisis model sistem *injection die casting* ini, dilakukan beberapa tahapan proses. *Flow chart* analisis *dies* adalah sebagai berikut:



Gambar. 1. Flow chart perencanaan *injection die casting*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis penyebab cacat hasil pengecoran

a. Cacat retak

Penyebab cacat ini karena proses pengeluaran produk dan juga terjadinya *weld line* pada posisi tersebut, kondisi tersebut menyebabkan lemahnya posisi tersebut sehingga terjadi retak pada posisi tersebut

b. Cacat Porosity

Penyebab utama cacat ada 2 macam yaitu gas yang terjebak dalam logam cair dan shrinkage. Gas yang terjebak di dalam logam cair tidak bisa keluar dan menyebabkan lubang didalam pada produk pengecoran, dalam hal ini perlu desain lubang vent untuk mengeluarkan udara yang terjebak.

c. Cacat misrun

Penyebabnya adalah volume yang dituang dari ladle masih kurang mencukupi kebutuhan untuk *cavity*, dan *gating system* penyelesaiannya adalah harus membuat ladle yang sesuai dengan mengukur volume logam cair yang masuk kedalam cetakan.

$$\text{Volume cavity} = V = \frac{m}{\rho} = \frac{60g}{2,7g/cm^3} = 22cm^3$$

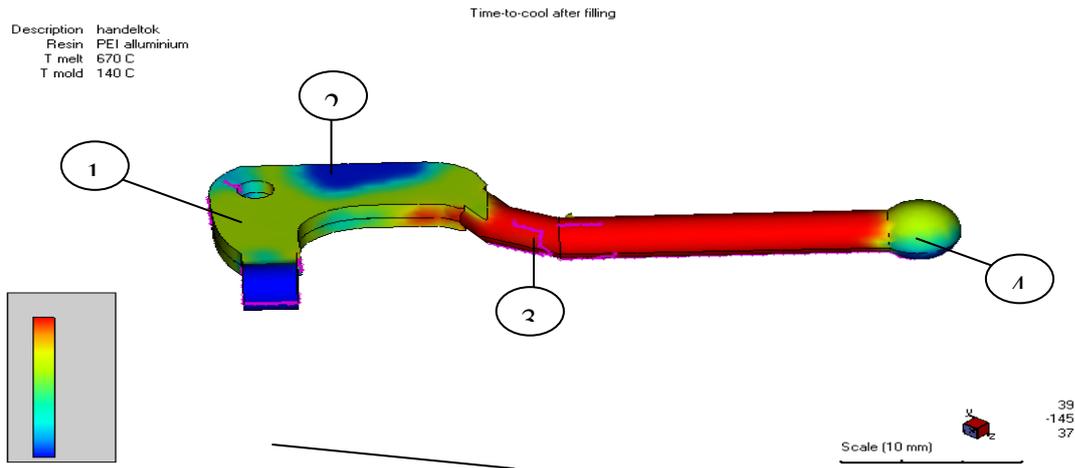
$$\text{Volume runner} = 3,14 \times 37,5^2 \times 40 = 44156,25 \text{ mm}^3 = 44 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume total} = 22 \text{ cm}^3 + 44 \text{ cm}^3 = 66 \text{ cm}^3$$

d. Cacat flash

Penyebab utama cacat ini karena *parting line* yang kurang rapat pada tangkupan *dies* yang disebabkan oleh gaya pencekaman yang kurang tinggi sehingga saat tekanan diinjeksi *cover die* sedikit membuka.

Perhitungan gaya pada *die casting* adalah mengimbangi saat tekanan injeksi menekan logam cair ke dalam *cavity* agar cetakan tidak sampai terbuka. Gaya yang bekerja atau dibutuhkan untuk mengunci *dies* dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :



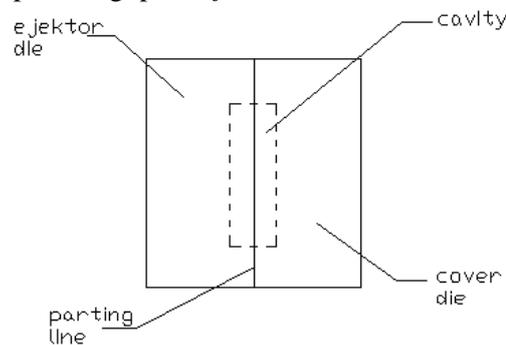
Gambar 3. Hasil analisis program *c mold* pada proses pendinginan

3.3 Penentuan posisi *injection*

Pemilihan posisi injeksi adalah salah satu hal yang penting karena pada analisis diatas menunjukkan bahwa titik injeksi pada posisi tersebut masih kurang efektif. Maka ada beberapa titik injeksi yang akan di coba untuk mencari nilai yang paling maksimal. Data di lampiran pengujian dan ditentukan data ke 4 yang dianggap paling baik (Vinarcik, 2003).

3.4 *Parting line*

Parting line adalah garis pemisah antara *ejector die* dengan *cover die*. *parting line* digambarkan pada gambar 4 ditentukan dengan mencari dari beberapa sisi yang dianggap paling tepat dan memudahkan dalam proses pelepasan benda kerja. Pada hal ini benda kerja merupakan handel rem, akan diambil garis tengahnya sehingga separoh dari benda kerja terletak pada *cover die* dan yang separoh lagi pada *ejector die*.

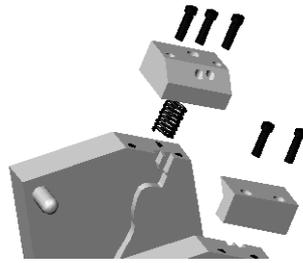


Gambar 4. *Parting line*

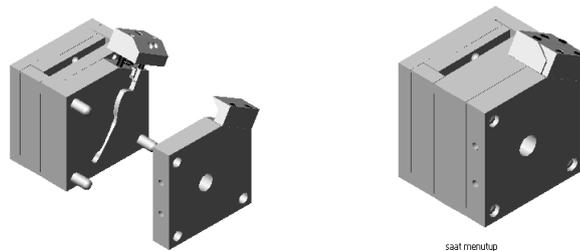
Core merupakan inti pada cetakan yang digunakan untuk membentuk suatu fitur pada bentuk coran yang tidak dapat dibentuk dengan hanya menggunakan *cavity*. *Moving core* merupakan inti yang dapat berpindah atau dipindah pada suatu cetakan. Biasanya, dapat berpindah karena adanya suatu kepentingan tertentu. dalam hal ini agar tidak menghalangi benda kerja sehingga tidak menabrak inti tersebut, dikarenakan posisi inti berada diantara atau tengah benda kerja.

Proses berpindahnya *core* yaitu ketika *ejector die* bergerak mundur membuka cetakan, maka bersamaan dengan itu *moving core* ikut bergerak membuka dikarenakan adanya pegas yang menekan *moving core* tersebut, pada saat posisi cetakan bergerak maju untuk menutup maka *moving core* ikut bergerak untuk menutup dikarenakan adanya slide berbentuk segitiga

sehingga pada saat akhir tangkupan dengan *cover die*, *moving core* juga akan berhimpit dengan cetakan.



Gambar 5. Posisi *moving core*



Gambar 6. Proses perpindahan *moving core*

Core yang dipakai pada umumnya merupakan *core* yang dapat bergerak (*moving core*). Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung gaya yang diperlukan untuk pengeluaran *moving core* adalah :

$$F = 0,35 \text{ N/sq.mm} \times A_s \text{ (} A_s/A_p \text{)} \text{ (} \textit{designing die casting} \text{)}$$

Diketahui permukaan *cavity* pada inti adalah $3,14 \times 4^2 / 4 \times 4 = 50,24 \text{ sq.mm}$, proyeksi area *cavity* = 3000 sq.mm. Maka gaya yang dibutuhkan adalah :

$$F = 0,35 \text{ N/sq.mm} \times A_s \text{ (} A_s/A_p \text{)}$$

$$F = 0,35 \text{ N/sq.mm} \times 50,24 \text{ (} 50,24/3000 \text{)} \text{ sq.mm}$$

$$F = 0,3 \text{ N}$$

3.5 Gating system

a. Gate area

Posisi *gate* diletakkan ditengah *cavity* sehingga aliran edar akan menyebar keseluruhan *cavity* dengan merata. Penentuan posisi tersebut dapat dicari dengan mencoba pada beberapa bagian pada *cavity* sebagai titik injek yang paling optimal. Posisi dan aliran edar yang terjadi ditunjukkan pada gambar di gambar 6.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung area *gate* adalah:

$$A_g = V / t \cdot V_g$$

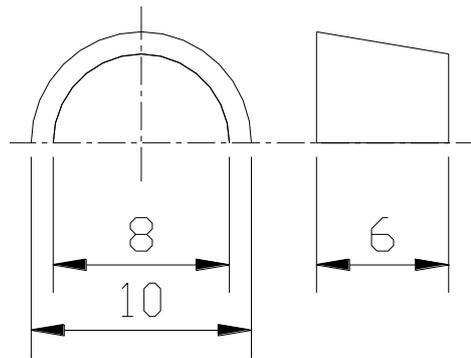
Diketahui volume logam cair yang dibutuhkan adalah 60,35 mL, waktu pengisian *cavity* adalah 0,02 sec , kecepatan *gate* adalah 35.550 mm/sec untuk material aluminium maka luasan *gate* sama dengan:

$$A_g = V / t \cdot V_g$$

$$A_g = 60,35 / 0,02 \cdot 35.550$$

$$A_g = 59,7 \text{ sq.mm}$$

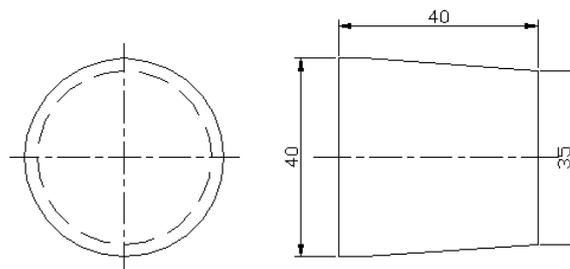
Desain untuk bentuk *cavity* dibuat setengah lingkaran dan dari ujung satu ke ujung lainnya mengecil, seperti kerucut dapat dilihat pada gambar dibawah ini. ujung yang lebih kecil akan langsung ke *cavity* dan ujung yang lebih besar menempel ke *runner*.



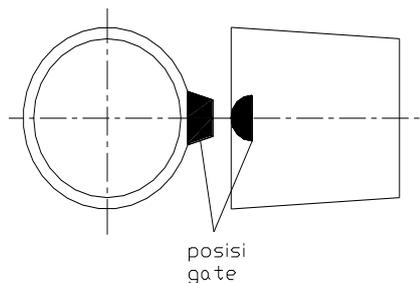
Gambar 7. Penampang *gate*

b. Runner

Bentuk dari *runner* yang direncanakan berbentuk *cone* (kerucut yang terpotong) gambar 8. Hal ini agar pengeluaran *runner* lebih mudah.



Gambar 8. Bentuk *runner*



Gambar 9. Posisi *gate* pada *runner*

Runner dipakai dengan bentuk lingkaran kerucut dengan jumlah satu buah, karena jumlah *cavity*-nya juga satu, dengan kebutuhan waktu pengisian adalah 0,02 detik.

Volume *runner* adalah luas alas dikalikan panjang atau tinggi yaitu : luas alas X tinggi = $3,14 \times 37,5^2 \times 40 = 44.156,25$ cu.mm. Adapun rumus untuk perhitungan *flow rate* adalah sebagai berikut :

$$Q = V.N/t$$

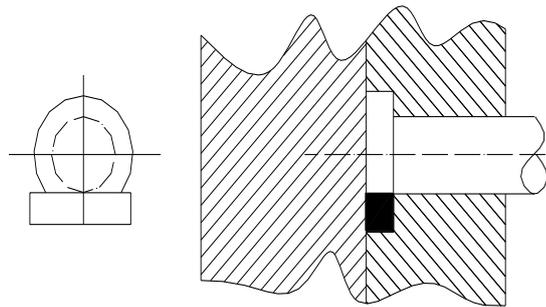
$$Q = 44.156,25 \times 1 / 0,5$$

$$Q = 88.312,5 \text{ cu.mm/sec}$$

3.6 Sistem ejeksi (pengeluaran)

Adapun diameter dan panjang *pin ejektor* adalah mengikuti kebutuhan untuk mengeluarkan benda coran. Ditentukan panjang pin ejektor 25 mm dengan range antara 1.2 – 36 mm batas yang diijinkan dan panjang jarak perpindahan pin ditentukan adalah $\frac{1}{2}$ tebal benda coran atau sama dengan 3.5 mm. Untuk mencari nilai diameter minimum yang diijinkan pada

konstruksi pin ejektor. Dengan asumsi kapasitas mesin injeksi sederhana maka minimum diameter *pin ejektor* adalah 2,4 mm.



Gambar 10. Pengumci pin ejektor

3.7 Sistem pendingin

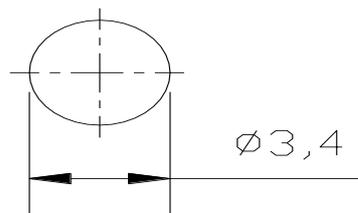
Perencanaan untuk sebuah sistem pendingin digunakan untuk kesetimbangan temperatur pada cetakan, sehingga cetakan menjadi stabil. Maka aliran massa harus diatur sedemikian rupa sehingga dapat sistem pendingin dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Untuk menghitung laju aliran massa digunakan rumus dibawah ini :

$$Q = P \pi r^4 / (8 \eta L) \text{ (Herman, E.A. 1992)}$$

Diketahui *Flow rate* = 3 l/min, tekanan 20 psi (140.000 pa), $\eta = 0,001$ panjang $L = 10$ m. Maka diameternya adalah

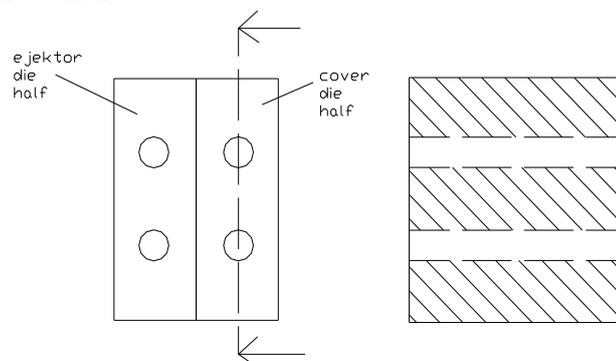
$$r^4 = 8 \times 0,001 \times 5 \times 10^{-5} \times 10 / (3,14 \times 140.000) = 9,09 \times 10^{-12}$$

$$r = 1,7 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,7 \text{ mm dan diameter} = 3,4 \text{ mm}$$



Gambar 11. Lubang pendingin

Perencanaan sistem pendingin ini digunakan sistem pendingin *linear* yaitu letak lubang pendingin lurus dalam cetakan.



Gambar 12. Posisi lubang pendingin pada *dies*

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pada analisis yang dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil pada tugas akhir ini adalah dari analisis program *c mold* disimpulkan :

1. Cacat retak disebabkan karena kondisi pada titik tersebut adalah kondisi yang paling lemah dengan banyaknya *weld line* pada program simulasi tersebut.
2. Cacat *porosity* disebabkan terjebaknya udara dalam logam cair, solusinya adalah dengan menambahkan lubang *vent* sehingga udara dapat keluar.
3. Cacat misrun disebabkan kurangnya volume yang diinjeksikan. Penyebabnya adalah karena cawan tuang yang tidak standar. Solusinya dibuatkan cawan tuang khusus, volume logam cair adalah 66 cm^3 .
4. Cacat *flash* terjadi karena membukanya tangkupan *male die* dan *female die* yang disebabkan kurangnya gaya pengunci *dies*. Gaya yang dibutuhkan untuk mengunci *dies* adalah sebesar 26.9 Newton.
5. Solusi dari beberapa cacat yang terjadi adalah dengan memindahkan titik injeksi dengan menggunakan program simulasi *c mold* dengan mencari posisi yang paling minimal terjadinya cacat pada produk pengecoran.
6. Luasan *gate* adalah $A_g = 59.7 \text{ sq.mm}$
7. Flow rate $Q = 88312.5 \text{ cu.mm/sec}$
8. Diameter lubang pendingin = 3.4 mm

Dari hasil penelitian yang diperoleh dari uraian sebelumnya agar proses pengecoran berjalan lebih efektif dan hasil yang lebih optimal, maka disampaikan saran sebagai berikut:

1. Program simulasi sangat dibutuhkan untuk memprediksi suatu kesalahan-kesalahan yang akan terjadi sebelum masuk pada tingkat uji coba atau praktik.
2. Kesalahan *human error* pada saat proses pengecoran menjadi kendala utama sehingga kesalahan masih terjadi. Maka mesin injeksi *die casting* sistem otomatis yang lebih canggih.
3. Pada proses pengecoran jenis *cold chamber* ini sangat pesat perkembangannya sehingga kita harus banyak membaca dan membuka wawasan kita terhadap perkembangan terbaru. Adapun buku-buku yang lama masih harus dibaca sebagai dasar dan pegangan utama.

Daftar Pustaka

- Doehler, H. H. (1951), *Die casting*, Mc Graw hill books.
- Heryana dan Dadan. (1998), *Pengenalan dan teori dasar perancangan cetakan injeksi plastik*, Politeknik mekanik Swiss-ITB.
- Herman, E. A. (1992), *Designing die casting dies*, Rosemont, Illonis USA.
- Lushsinger, H. R. (1982), *Tool design*, Politeknik mekanik Swiss-ITB.
- Vinarcik, E. J. (2003), *High integrity die casting*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey