

PERANCANGAN SISTEM SALURAN CETAKAN PERMANEN PADA LOGAM ALUMINIUM CC401 DENGAN PENUANGAN

GRAVITY DIE CASTING

Sesmaro Max Yuda, Kimar Turnip, Fegiat Abdul Qayyum
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas, Universitas Kristen Indonesia (UKI)
Jl. Mayjen. Sutoyo, Cawang, Jakarta 13630.
Email.sesmaro.bertu@yahoo.co.id

ABSTRAK

Proses manufaktur suatu produk dengan proses pengecoran merupakan proses dan teknologi yang sangat banyak dipergunakan dalam proses pembentukan. Proses pengecoran memiliki banyak tahapan dimulai dari persiapan peleburan dan peleburan, pembuatan cetakan, pembongkaran produk dari cetakan dan finishing dimana kesemua tahapan proses ini akan menentukan kualitas dan efisiensi dari proses pengecoran. Tujuan mendapatkan coran yang berkualitas dan efisiensi proses pengecoran yang tinggi secara bersama-sama memerlukan perancangan yang teliti dan akurat.

Gating system dalam cetakan memiliki banyak bagian-bagian dimana setiap bagian mempunyai fungsi masing-masing. Dimana setiap bagian pada gating system ini berperan terhadap kualitas dan efisiensi proses pengecoran. Cacat yang dapat terjadi pada coran karena factor gating sistem dalam cetakan umumnya adalah penyusutan/shrinkage dan porositas, yang timbul karena bentuk, dimensi dan peletakan dari gating system yang tidak tepat. Dilain pihak, cairan logam yang membeku di dalam gating system ini adalah scrap yang akan menurunkan efisiensi atau yield dari proses pengecoran tersebut'

Pada penelitian ini dengan menggunakan cetakan gravity die casting dengan sistem saluran tanpa riser, dimana saluran masuk berfungsi sebagai saluran turun sekaligus sebagai riser dihasilkan coran Clamp Base Coyote dengan yield yang lebih besar yaitu dari 42 % menjadi 81,5 % serta porositas yang sudah tak terlihat lagi.

Keyword : Alumunium CC401, gravity dies casting

I. PENDAHULUAN

Dalam tahap membuat cetakan, salah satu elemen penting yang harus dipertimbangkan adalah pembuatan sistem saluran (*gating system*) dimana logam cair mengalir memasuki cetakan, karena fenomena aliran logam cair memasuki rongga cetakan berhubungan langsung dengan pembentukan berbagai cacat pengecoran. Untuk itu maka, upaya penelitian secara luas telah banyak dilakukan untuk mengetahui pengaruh sistem aliran logam cair memasuki cetakan [1,2]. Dalam beberapa penelitian, telah terbukti bahwa desain sistem saluran yang optimal dapat mengurangi turbulensi dalam aliran logam cair, meminimalkan udara yang terperangkap, inklusi pasir, oksida film dan dross [3]. Aliran kuat bisa menyebabkan erosi cetakan, aliran turbulen yang besar bisa mengakibatkan udara dan inklusi terperangkap dan pengisian logam cair yang relatif lambat akan menghentikan aliran logam mengisi rongga cetakan [4]. Selanjutnya, porositas yaitu jenis cacat yang umum ditemukan dalam pengecoran juga bisa dihasilkan dari desain yang tidak tepat dari sistem saluran [5].

Banyak faktor yang mempengaruhi rancangan sistem saluran suatu cetakan yang akan dibuat, seperti logam cair yang akan dituang, jenis cetakan yang dipakai serta bentuk coran/produk yang akan dibuat. Penelitian ini adalah untuk merancang sistem saluran cetakan permanen pada pengecoran logam Aluminium CC 401 dengan bentuk produk clamp base coyote yang memiliki kualitas coran dan nilai yield lebih baik dari sistem saluran sebelumnya.

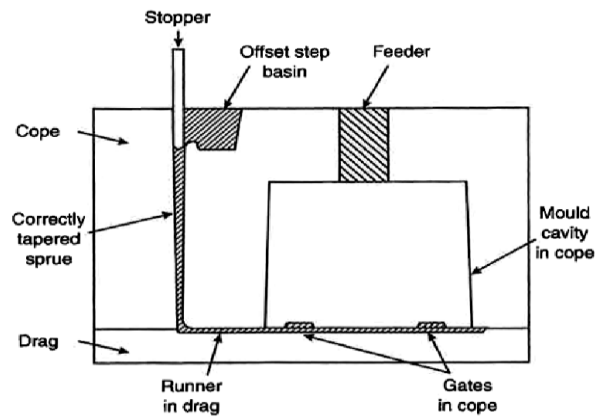
II. TEORI

Sistem Saluran

Perencanaan pembuatan suatu sistem saluran (*gating system*) dalam proses pengecoran sangat diperlukan karena untuk menghasilkan suatu produk cor yang baik diawali dari proses desain sistem saluran yang baik agar persentasi terjadinya cacat pada produk cor dapat berkurang. Beberapa bagian penting dalam desain sistem saluran adalah ; *riser*, *runner*, *ingate*, *sprue*, dan cawan tuang (*pouring basin*) seperti pada Gambar 1.

Secara prinsip ada perbedaan mendasar antara *gating* dan *risering/feeder/penambah* dimana kedua *system* ini memiliki tujuan yang berbeda, *gating* bertujuan untuk mengatur aliran logam cair agar dapat mengisi rongga (produk) dengan baik dan untuk menyaring agar slag tidak ikut masuk kedalam rongga produk cor

tersebut. Sedangkan riser berfungsi untuk menjaga produk cor dari cacat akibat perubahan volume karena adanya proses pendinginan dan pembekuan dari logam cair



Gambar 1. Sistem Saluran

Bentuk sistem saluran yang sering digunakan ada berbagai macam dan bentuknya karena harus disesuaikan dengan bentuk produk cor yang akan dihasilkan seperti terlihat pada Gambar 2. Bentuk-bentuk *system* saluran itu antara lain *step ingate*, *wedge ingate*, *branch/finger ingate*, *pencil ingate*, *bottom ingate*, *wheel ingate*, *horn ingate*, *whirl ingate*, *horse shoe ingate*, *top ingate*, *single ingate*, *saxophone ingate*, *connor ingate*, dan *key ingate*.



Gambar 2. Macam-macam Bentuk Saluran

Penambah (Riser)

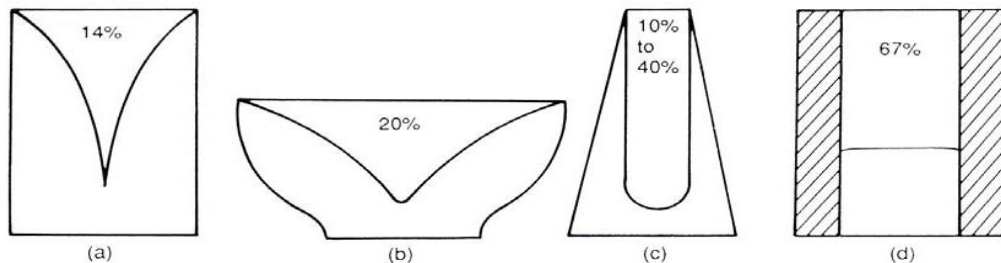
Perubahan temperatur suatu benda mengakibatkan perubahan volume benda tersebut. Setiap material mempunyai koefisien muai panas yang berbeda-beda. Pada kenaikan temperatur akan terjadi pemuaian, sedangkan pada penurunan temperatur akan terjadi penyusutan. Setiap logam atau paduan mempunyai specific shrinkage atau nilai spesifik penyusutan yang spesifik, seperti terlihat pada Tabel 1. Berikut.

Tabel 1. Nilai Penyusutan Beberapa Logam dan Paduan [6, 7]

Metal	Contraction (Volumn %)
Pure aluminum	6,6
Aluminum-Silicon alloys	3,8
Aluminum-Copper alloys	6,3
Grey Cast Iron	0 – 1,8
White Iron	4 – 5,5
Plain low carbon steel	3,0
Copper	4,5
Tin Bronze	5,5
Aluminum Bronze	4,0
Magnesium	4,2
Zinc	6,5

Dan untuk menghindari terjadinya cacat rongga susut pada coran maka perencanaan penambah pada proses pengecoran sangat diperlukan. Tujuan dari penambah/riser adalah untuk mengkompensasi penyusutan volume logam saat terjadi perubahan suhu tinggi ke suhu rendah atau pendinginan. Dalam proses pembekuan di dalam cetakan penyusutan yang terjadi bukan hanya di dalam rongga coran/produk tetapi juga di dalam penambah/riser. Pada saat terjadinya proses pematangan atau pembekuan, permukaan penambah akan turun sampai kedalaman tertentu. Rongga yang terbentuk di permukaan penambah disebut rongga susut. Maka untuk itu volume penambah harus cukup untuk memberi cairan yang berkurang akibat penyusutan dari benda tuang dan penambah itu sendiri.

Volume rongga susut menunjukkan volume cairan maksimum yang dapat dipasok oleh penambah ke dalam rongga coran. Besar volume rongga susut bervariasi tergantung banyak faktor, seperti ; jenis cetakan, komposisi logam cair yang mengalir dan juga bentuk riser atau penambahnya (Gambar 3.).

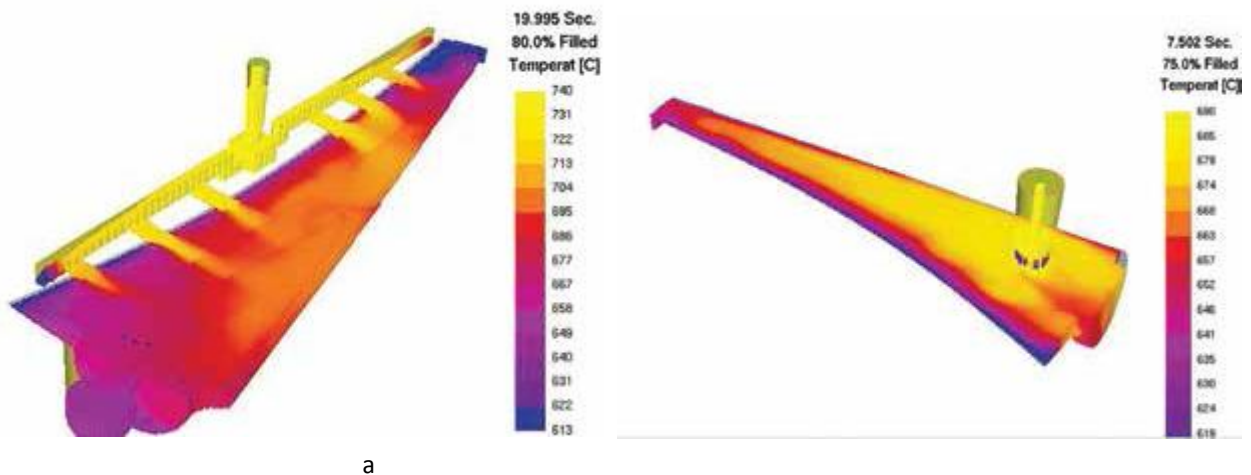


Gambar 3. Efisiensi Riser berbagai bentuk feeder pada cetakan pasir ; a. Bentuk Silindre, b. Bentuk setengah bola, c. Bentuk Runcing terbalik (depends on detailed geometry), d. Ada Sleeve Eksotermis [8]

Teknik Penuangan Langsung

Sistem – sistem saluran pada gambar 2. tersebut di atas disebut juga sistem saluran tradisional. Sistem saluran tradisional ini masih didominasi pada pabrik - pabrik pengecoran logam. Akan tetapi pengembangan dengan penuangan langsung merupakan alternative yang tidak bisa diabaikan.

Teknik penuangan langsung ini merupakan inovasi dari ahli - ahli pengecoran logam dimana penuangan teknik penuangan langsung ini diletakkan pada bagian modulus benda yang terbesar. Pengembangan proses pengecoran melalui system penuangan langsung ini dapat meningkatkan efisiensi atau *yield* dari produk proses pengecoran. Teknik penuangan langsung memiliki ukuran dan bentuk mirip dengan penambah dapat dilihat pada gambar 4. berikut. Prinsip dasar dari teknik Penuangan langsung berdasarkan teori N.Chvorinov dimana pembekuan terakhir terjadi pada *gating system*-nya.



a

Gambar 4. a. Modelling penuangan secara konvensional, b. Bentuk penuangan secara langsung [9].

Perhitungan Sistem Saluran

Menurut aturan Chvorinov bagian-bagian dari coran dengan nilai modulus yang lebih besar akan membeku kemudian setelah bagian-bagian dari coran dengan nilai modulus yang lebih rendah membeku lebih awal. Nilai casting modulus merupakan rasio volume coran terhadap luas permukaan coran.

$$\text{Modulus } (M) = \frac{\text{Volume}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{V}{A} \text{ (cm}^3\text{)}$$

Sesuai dengan urutan pembekuan, maka modulus biasanya diatur dengan perbandingan berikut :

$$M_c : M_{lp} : M_p = 1 : 1,1 : 1,2$$

Dimana M_c , M_{lp} dan M_p adalah modulus coran, modulus leher penambah dan modulus feeder/riser/penambah.

Perhitungan Yield Coran

Yield casting adalah efisiensi penggunaan cairan logam, sehingga cairan logam yang menjadi gating system menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan produk atau coran. Nilai *yield* ini dapat dihubungkan dengan biaya yang telah dikeluarkan dalam tiap produksi. Perhitungan nilai yield merupakan perbandingan berat benda coran dengan keseluruhan tuangan [10], dengan rumus :

Yield

$$= \frac{\text{Massa Coran}}{\text{Berat Tuangan (Massa Coran + Massa Sistem Salura dan Riser)}} \times 100\%$$

MAGMASoft

MAGMA Gießereitechnologie GmbH mengembangkan dan memasarkan perangkat lunak untuk simulasi proses pengecoran. Salah satu hasil pengembangan tersebut adalah Software *MAGMASOFT*® yaitu MAGMA5. MAGMA5 adalah solusi standar untuk simulasi proses pengecoran. Perangkat lunak ini khusus untuk memprediksi seluruh pengecoran kualitas komponen dan rantai proses dengan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pengisian terhadap suatu cetakan, pemadatan dan pendinginan, serta memungkinkan memprediksi kuantitatif berdasarkan sifat mekanik, tegangan termal dan distorsi yang dihasilkan oleh pengecoran tersebut. Simulasi yang akurat dapat menggambarkan kualitas permukaan komponen pada pengecoran ini sebelum produksi dimulai dan metode pengecoran dapat dirancang dengan memperhatikan sifat komponen yang diperlukan.

III. PERANCANGAN CETAKAN

Analisa Produk

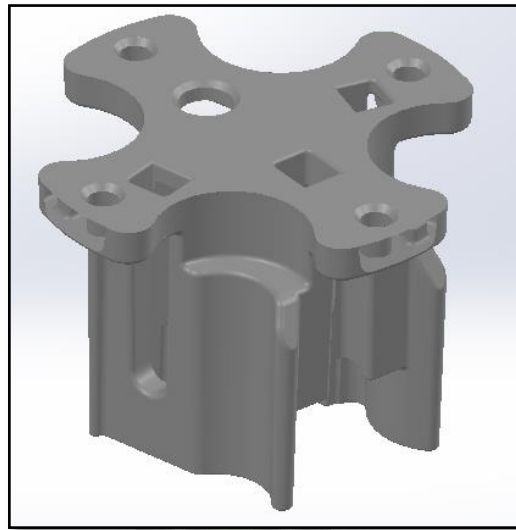
Pengecoran menggunakan gravity die casting, dengan klasifikasi coran sebagai berikut :

Nama Produk : *Clamp Base Coyote*, merupakan *component hardware* untuk *fiber optic* yang berfungsi sebagai *socket*.

Material : Alumunium CC401

Pemakai : PT XYZ

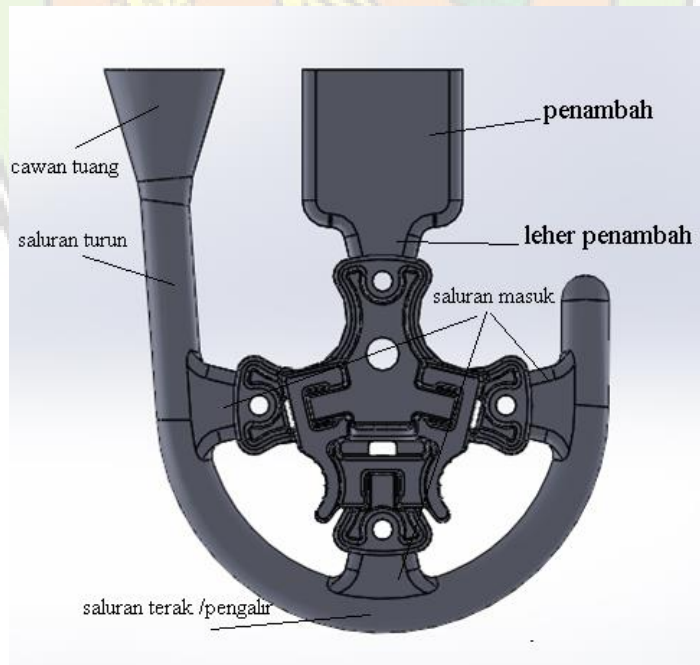
Berat Jenis : $\rho = 2,65 \text{ Kg/dm}^3$



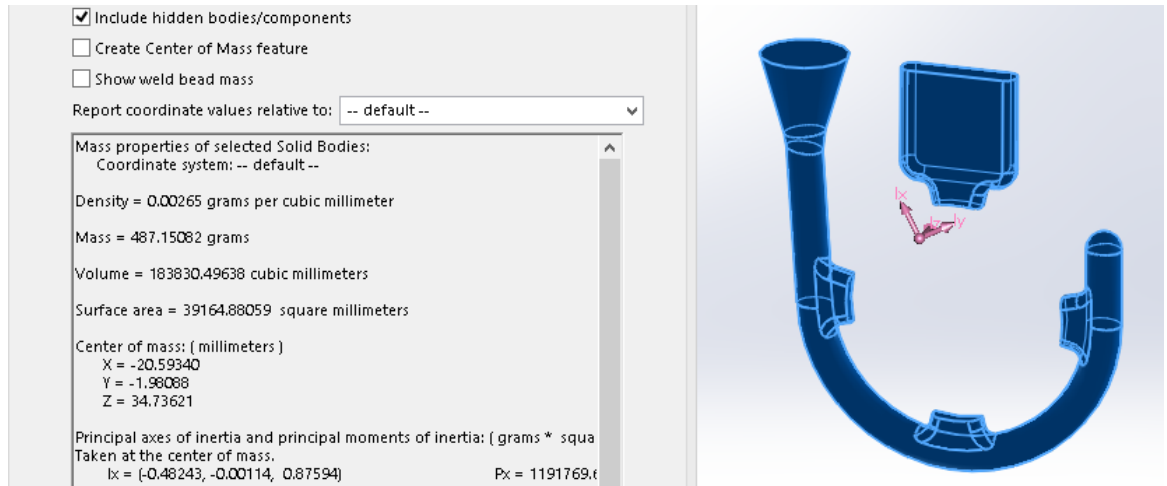
Gambar 5. Produk *Clamp Base Coyote*

a. Disain Lama

Desain cetakan merupakan desain sistem saluran masuk yang sudah ada dari transferan dies pada PT. XYZ. Pada disain sistem saluran lama ini terlihat bahwa selain saluran turun dan saluran masuk terdapat juga riser/penambah, seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 6. Disain Rongga Dalam Cetakan Lama



Gambar 7. Perhitungan berat *gating system* desain 2

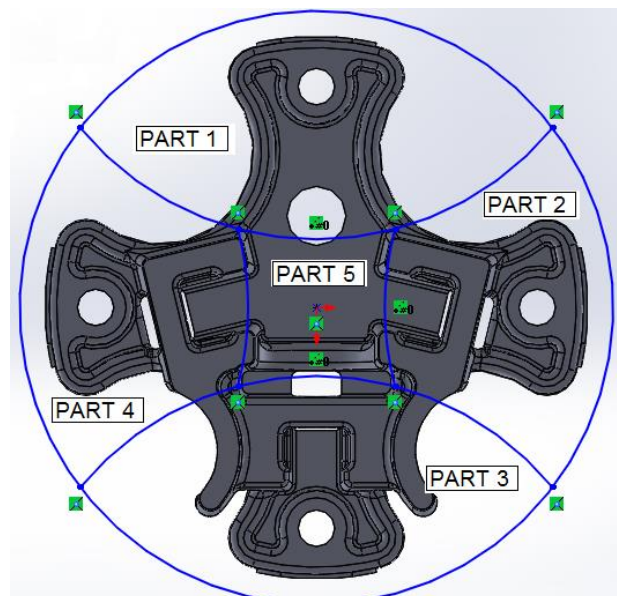
Total berat desain kedua adalah 0.837 kg sehingga *yield* yang didapatkan sekitar 42%.

b. Disain Baru

Pada disain sistem saluran rancangan baru ini hanya terdapat feeder yang berfungsi sebagai saluran turun, saluran masuk sekaligus sebagai riser.

- **Menghitung Volume, Luas Area Kontak dan Modulus Coran**

Dengan bantuan Solidworks sebagai software CAD yang mampu meng-upgrade sketsa 2D menjadi 3D, maka luas permukaan kontak dan volume produk clamp base coyote dapat dengan mudah diperoleh dan selanjutnya untuk keperluan perhitungan system saluran maka terlebih dahulu ditentukan arah aliran panas yang terjadi pada pada saat logam cair dituang dan pada saat logam cair memadat. Untuk keperluan itu maka coran dibagi menjadi beberapa bagian seperti pada Gambar 8, dan selanjutnya nilai modul dari setiap bagian tersebut dihitung.



Gambar 8. Pembagian area clamp base coyote

Untuk menghitung volume dan area setiap bagian dari clamp base coyote inipun dilakukan dengan bantuan Solidworks sebagai software CAD. Hasil dari setiap perhitungan volume, luas area serta nilai modulus dari setiap bagian coran dapat terlihat pada Tabel II. Berikut ;

Tabel II. Besar nilai luas, volume dan module produk

PART	Volume (mm³)	Luas Area (mm²)	Berat (Kg)	Modulus (M/mm)
PART1	8227	3827.2	0.021802	2.1
PART2	34383	10131.1	0.091115	3.4
PART3	44254.8	13736.16	0.117275	3.2
PART4	34338.8	10143.6	0.090998	3.4
PART5	11886	8707	0.031498	1.4
<i>CASTING</i>	133089.6	46545.06	0.352688	

- **Perhitungan Modul Penambah**

Pada desain ini menggunakan *down sprue/feeder* sebagai *gate* dan sewaktu pendinginan berfungsi sebagai *Riser* karena modulus yang digunakan sesuai dengan teori supaya pendinginan terakhir berada pada bagian *down sprue*

Dimana:

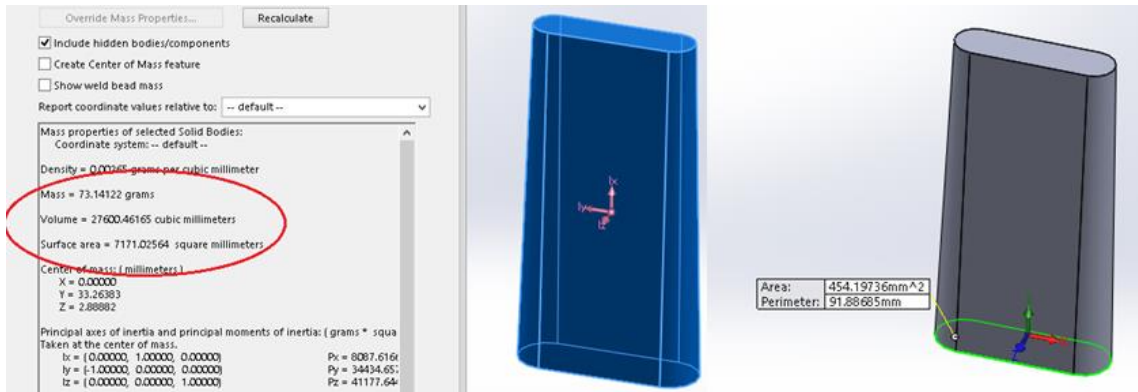
$$M_{\text{penambah}} = 1.2 M_c$$

$$= 1.2 \times 3.4$$

$$= 4.08 \text{ mm}$$

- **Ukuran dan Bentuk Down Sprue/Feeder**

Ukuran dan bentuk feeder yang berfungsi sebagai riser atau saluran penambah didapatkan dari perbandingan modulus dan tinggi berdasarkan *dies* yang *exist*. Dengan bantuan software maka dapat diperoleh dimensi serta bentuk yang sesuai seperti terlihat pada Gambar 11.

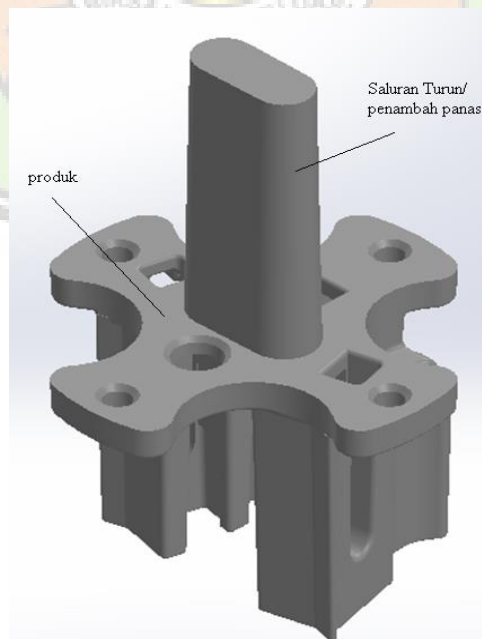


Gambar 9. Bentuk Down Sprue atau Riser dengan Bantuan solidworks sesuai dengan dies yang exist

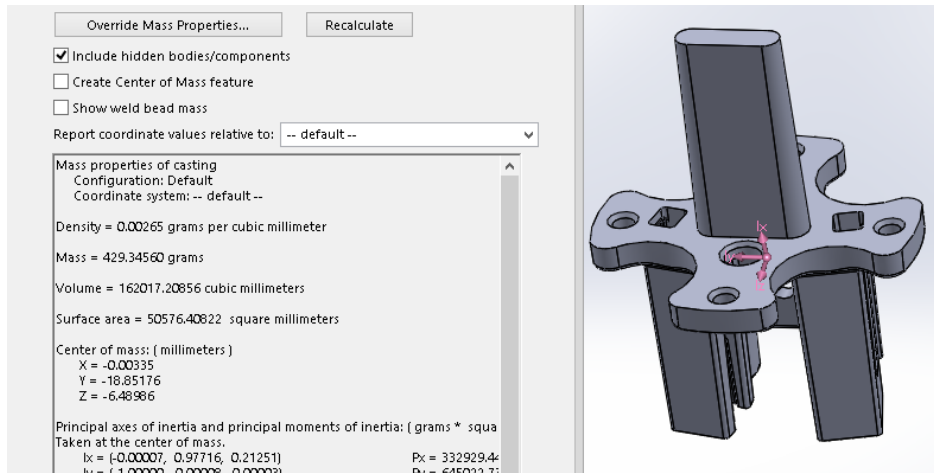
Dimensi Down Sprue atau Riser :

BERAT	:	73.1	gr
VOLUME	:	27600.5	mm ³
AREA	:	7171	mm ²
AREA 1	:	454.1	mm ²
AREA PELEPAS PANAS	:	6717	mm ²
MODULUS	:	4.1	mm

- **Rancangan Rongga Cetakan**



Gambar 10. Rongga Cetakan



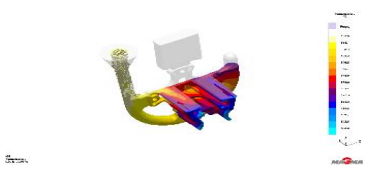
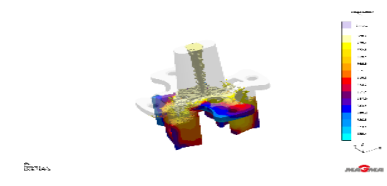
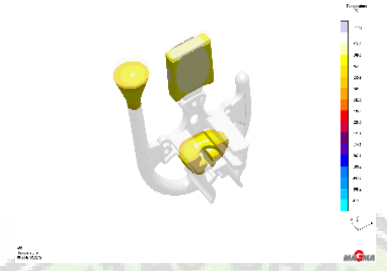
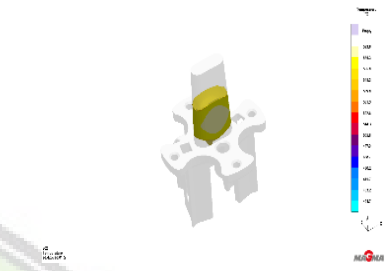
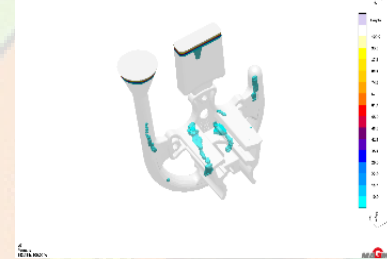
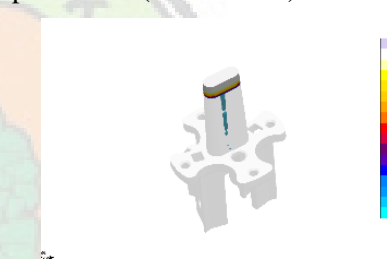
Gambar 11. Perhitungan berat desain 3

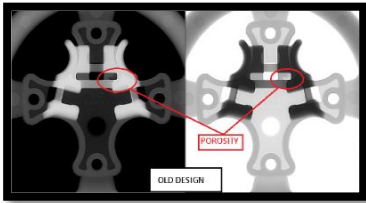

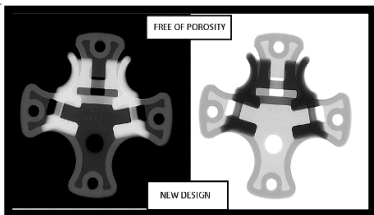

Total berat dari desain layout 3 adalah 0.43 kg yang didapat dari hasil perhitungan *solidwork* sehingga *yield* yang didapatkan yaitu 81.5%

IV. ANALISA RANCANGAN

Dengan menggunakan data rancangan di atas, baik terhadap disain lama dan disain baru serta dengan bantuan software *magmasoft* yang digunakan PT. XYZ untuk menganalisa hasil desain *gravity die casting* maka diperoleh data analisa berikut ini :

ANALISA	DISAIN LAMA	DESAIN BARU
<i>Modulus</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak melakukan penentuan nilai modulus dengan membagi produk menjadi beberapa bagian, - Nilai modulus penambah/riser sudah lebih besar dari nilai modulus coran atau sesuai dengan teori. - Penempatan riser tidak pada posisi bagian coran yang lebih besar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan penentuan nilai modulus dengan membagi produk menjadi beberapa bagian, - Nilai modulus down sprue/feeder dihitung berdasarkan nilai kebutuhan untuk fungsi penambah atau riser. - Penempatan feeder disesuaikan dengan arah aliran pembekuan sesuai dengan teori.
<i>Filling time</i>	Tidak terjadi turbulen aliran logam cair	Terjadi sedikit aliran turbulen

		
<i>Solidification</i>	Pembekuan terakhir terjadi pada produk sehingga terjadi kemungkinan <i>porosity</i>	Pembekuan terakhir terjadi pada <i>down sprue</i> sehingga kemungkinan terjadinya <i>porosity</i> pada produk tidak ada
		
<i>Porosity</i>	<i>Porosity</i> terjadi pada produk (Warna Biru)	<i>Porosity</i> tidak terjadi pada produk akan tetapi berada pada penambah (Warna Biru)
		

ANALISA	DISAIN LAMA	DESAIN BARU
<i>x ray & Casting cut</i>	<p>hasil dari <i>x-ray</i> membuktikan terjadinya <i>porosity</i> pada produk</p>  	<p>hasil dari <i>x-ray</i> membuktikan tidak terjadinya <i>porosity</i> pada produk</p>  

<i>Yield</i>	42%, Yield kecil dari 70 % membuktikan bahwa gating system ini kurang optimal	<i>Yield di atas dari 81.5 % membuktikan bahwa gating system produk baru lebih optimal</i>

V .KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Dari penelitian ini terlihat bahwa saat terjadi solidifikasi di dalam cetakan disain lama pembekuan akhir terjadi pada coran sebagai penyebab utama terjadinya *porosity*, hal ini diakibatkan tidak berfungsi riser secara optimal.
2. Kesalahan pembuatan desain cetakan lama terletak pada tidak dilakukannya perhitungan modulus dari bagian-bagian coran yang memiliki aliran pembekuan yang berbeda-beda sehingga dalam penempatan/peletakan riser tidak tepat.
3. Pada disain system saluran cetakan baru penentuan nilai modulus sudah berdasarkan pembagian coran menjadi beberapa bagian dan perhitungan ukuran nilai modulus didasarkan pada fungsi down sprue sebagai penambah juga.
4. Dengan perancangan ulang *gating system* dengan didasari penentuan nilai modulus perbagian-bagian dari coran dapat mengurangi terjadinya *porosity*.
5. *Gating system* design baru dapat meningkatkan yield produk dari 42% menjadi 81.5%.
6. Penuangan langsung serta downsprue/feeder yang berfungsi juga sebagai riser dapat dipakai pada produk clamp base coyote

Saran

Untuk mendapatkan hasil kinerja yang lebih baik dari suatu sistem cetakan langkah-langkah dan metode-metode perhitungan ini dapat dipergunakan dalam pembuatan *gating system* untuk model atau tipe produk yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Espraza C.E., Guerro M.M.P., Rios M.R.Z. *Optimal design of gating systems by gradient search methods*, Computational Materials Science, 2005, p. 2-37.
- [2] Masoumi A., *Effect of Gating Design on Mould Filling*, International Journal of Cast Metal Research, American Foundry Society, USA, 2007.
- [3] Hu B.H., Tong K.K., Niu X.P., Pinwill I., *Design and optimization of runner and gating systems for the die casting of thin walled magnesium telecommunication parts through numerical simulation*, Journal of Materials Processing Technology, 2002, 105, p. 128-133.
- [4] Attar E.H., Babaei R.P., Asgari K., Davami P., *Modelling of air pressure effects in casting moulds*, Journal of Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering, 2005, 13, p. 903-917.
- [5] Lee P.D., Chirazi A., See D., *Modelling micro porosity in Aluminium - Silicon alloys: a review*, Journal of Light Metals, 2001, 1, p. 15-30.
- [6] Groover, M.P., *Fundamentals of Modern Manufacturing 3rd Edition*, John Wiley & Sons, 2007.
- [7] Flinn, R.A., *Fundamentals of Metal Casting*, Addison-Wesley Publishing Co., 1963.
- [8] MME 346: Foundry Engineering Sessional Course Tutor: Dr. A.K.M.B. Rashid Professor, MME Department, BUET
- [9] Franco Chiesa, Nicolas Giguere and D. Levasseur, *Modern Casting*, Aug 2014, Vol. 104 Issue 8, p40
- [10] Tinto, Rio. *Ductile Iron, The Essentials Of Gating and Riser Design*, Canada : Sorelmetal Iron and Titanium, 2000. Page 9 – 10, 17.
- [11] Tata Surdia., dan Kenji Chijiwa. 1991. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [12] American Foundrymen's Society. 1973. *Basic Principle of Gating and Riser Design*.