

Penambahan Cil Pada Desain Sistem Saluran (*gating system*) *Low Pressure Die Casting* (LPDC) Untuk Mereduksi Kebocoran Akibat Hole Ada Produk Kran Hotel Dengan Simulasi Procast V2008

Muhammad Fitrullah^{1)*}, Koswara¹⁾, dan Ricky Parmonangan¹⁾
Jurusan Teknik Metalurgi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten-Indonesia
fitrullah@ft-untirta.ac.id

Abstrak

Kuningan merupakan paduan logam yang memiliki performa estetis yang tinggi sehingga banyak dipakai untuk produk kran. Performa estetis ini menjadikan kran dari kuningan banyak dipakai di dunia perhotelan. Secara umum, produk kran dihasilkan melalui proses *casting* (pengecoran) yang dirancang melalui sejumlah simulasi guna menghasilkan produk dengan kualitas tinggi. Pengecoran logam kuningan sering digunakan metode *Low Pressure Die Casting* (LPDC). Simulasi pengecoran adalah metode yang sangat baik untuk dapat melihat penuangan logam cair pada cetakan, proses solidifikasi dan pendinginan, dan memprediksi letak cacat yang akan terjadi seperti *shrinkage*, porositas, inklusi, *hole*. Pada industri pengecoran kran, banyak cacat pada produk hasil coran, yaitu: 8% produk bad, yang artinya produk tidak bisa digunakan atau harus di lebur ulang dan 24% produk modifikasi dengan cacat yang paling sering terjadi adalah "bocor" dan "hole" yang artinya produk mendapatkan perlakuan khusus karena terjadi cacat tetapi masih bisa ditanggulangi. Hal ini sangat merugikan perusahaan baik dalam biaya produksi yang menjadi meningkat dan waktu produksi yang semakin lama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa arah pembekuan logam yang terjadi pada proses *low pressure die casting* pada produk kran dan membuat desain sistem saluran *low pressure die casting* untuk produk kran untuk mereduksi kebocoran akibat cacat *hole*. Metode yang digunakan dengan *finite element method* (FEM). Melakukan observasi proses *low pressure die casting* untuk produk kran, membuat desain sistem saluran yang sudah dimiliki PT.X dengan menggunakan solidwork 2010 dan mensimulasi dengan procast v2008. Hasil simulasi diamati sehingga diketahui letak cacat yang terjadi dan membuat desain yang baru agar didapat hasil yang maksimal. Hasil simulasi yang diamati ada daerah yang mengalami *premature solidification* sehingga dapat menghasilkan *hole* dan poros. Penambahan cil pada sistem saluran menjadi solusi yang tepat untuk meminimalisasi cacat *hole* dan porositas yang ada. Daerah yang mengalami *premature solidification* dikenakan suhu yang lebih rendah dari logam kuningan cair sehingga daerah tersebut lebih cepat membeku dan terjadi pembekuan yang terarah.

Kata kunci: Pengecoran, LPDC, hole, poros, premature solidification, pembekuan.

Abstract

Brass is an alloy that has a high aesthetic value that is widely used for product faucets. This makes the aesthetic value of brass faucet widely used in the world of hospitality. In general, faucet products produced through the casting process through a number of simulations designed to produce high quality products. Brass foundry frequently used method of *Low Pressure Die Casting* (LPDC). Casting simulation is an excellent method to be able to see pouring molten metal in the mold, solidification and cooling process, and predicts the location of defects that will occur such as shrinkage, porosity, inclusions, holes. In the foundry industry faucets, many defects in castings products, namely: 8% bad product, which means that products can not be used or should be recycled and 24% Melting modification products with the most common defect is "leaking" and "hole" that means products get special treatment because of a disability but can still be addressed. This is very detrimental to the company due to increased production costs and production time is longer. This study aims to analyze the direction of the metal freezing that occurs in low pressure die casting process on the faucet and make product design duct system for low pressure die casting product faucets to reduce leakage due to defective hole. The method used by the finite element method (FEM). Observation of low pressure die casting process for product faucets, making the design of the duct system already owned PT.X using solidwork 2010 and simulate with ProCast v2008. The simulation results were observed in order to know the location of the defect and create new designs in order to obtain maximum results. The simulation results are observed there are areas experiencing premature solidification so as to produce a hole and shaft. Addition chill on channel system be the perfect solution to minimize defects and porosity existing hole. Areas

* Penulis korespondensi, tlp: 0254-395502
Email: fitrullah@ft-untirta.ac.id

experiencing premature solidification incur lower temperature of molten brass metal so that the area freezes faster and directional freezing occurs.

Keywords: Casting, LPDC, hole, shaft, premature solidification, freezing.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan kran air baik untuk hotel, gedung, maupun rumah tangga dewasa ini semakin meningkat, dengan produksi kran mencapai rata-rata 2000 kran per hari. Fakta ini menjadikan proses kerja pembuatan kran air perlu ditingkatkan. Pabrik yang memproduksi kran air dengan cara pengecoran tekanan rendah (low pressure die casting) dan menggunakan kuningan (CuZn) sebagai materialnya. [Sumber PT.X,2012]. Proses ini terus mengembangkan kinerja proses agar didapat kualitas produk yang baik serta waktu dan biaya yang efisien.

Keadaan yang sedang terjadi pada industri pengecoran adalah banyaknya cacat pada produk hasil coran. Hal ini dapat dibuktikan dengan data cacat pada bulan Mei 2012 yaitu, 8% produk bad yang artinya produk tidak bisa digunakan atau harus di lebur ulang dan 24% produk modifikasi dengan cacat yang paling sering terjadi adalah "bocor" dan "hole" yang artinya produk mendapatkan perlakuan khusus karena terjadi cacat tetapi masih bisa ditanggulangi. Hal ini sangat merugikan perusahaan baik dalam biaya produksi yang menjadi meningkat dan waktu produksi yang semakin lama. [Sumber PT.X,2012].

Cacat pada logam coran adalah kerusakan atau kesalahan pada logam cor yang mengakibatkan benda cor itu ditolak dari pasaran. Dalam pengecoran cacat tidak dapat dihindari tapi dapat diminimalisir. [Ariouso, 2007]. Cacat pada low pressure die casting yang terjadi dapat mengakibatkan pembekuan yang tidak terarah, laju fluida yang tidak dikontrol yang mana faktor tersebut merupakan pengaruh dari desain gating sistem yang kurang baik. Cacat yang dapat terjadi adalah hole, shrinkage, microporosity, dan distorsi pada mold atau core. Produk kran yang memiliki geometri rumit membuat cacat tersebut semakin besar kemungkinan terjadi, karena semakin rumit geometrinya akan semakin sulit juga menentukan arah pembekuan dan kecepatan aliran logam. Melihat hal ini harus dilakukan optimasi proses low pressure die casting yang digunakan PT X. [ASM Handbook Vol 15].

Penelitian ini penting dilakukan untuk dapat memperbaiki desain gating system agar mendapatkan proses pengecoran yang optimum sehingga hasil cacat dapat diminimalisir. Untuk mengatasi masalah ini biasa digunakan metode konvensional yaitu dengan cara trial and error. Melakukan perhitungan manual dan langsung mengaplikasikannya, hal ini dilakukan terus-menerus sampai didapat hasil yang maksimal. Metode ini dinilai sangat tidak efektif dan efisien karena memerlukan waktu yang lama dan biaya yang mahal. Simulasi pengecoran adalah metode yang sangat baik untuk dapat melihat penuangan logam cair pada cetakan, proses solidifikasi dan pendinginan, dan memprediksi letak cacat yang akan terjadi seperti shrinkage, porositas, inklusi, hole. [Ravi,2008]

Simulasi juga dapat digunakan untuk memecahkan masalah-masalah yang ada di dalam proses pengecoran dan melakukan pengembangan desain tanpa harus mengaplikasikannya secara langsung. Metode ini dinilai sangat efektif dan efisien karena memerlukan waktu yang tidak lama dan biaya yang murah. Pada penelitian kali ini penulis menggunakan software procast berbasis FEM (Finite Element Method) yang dapat mengidentifikasi proses pembekuan, shrinkage, cacat lainnya. [Baghla, 2011]

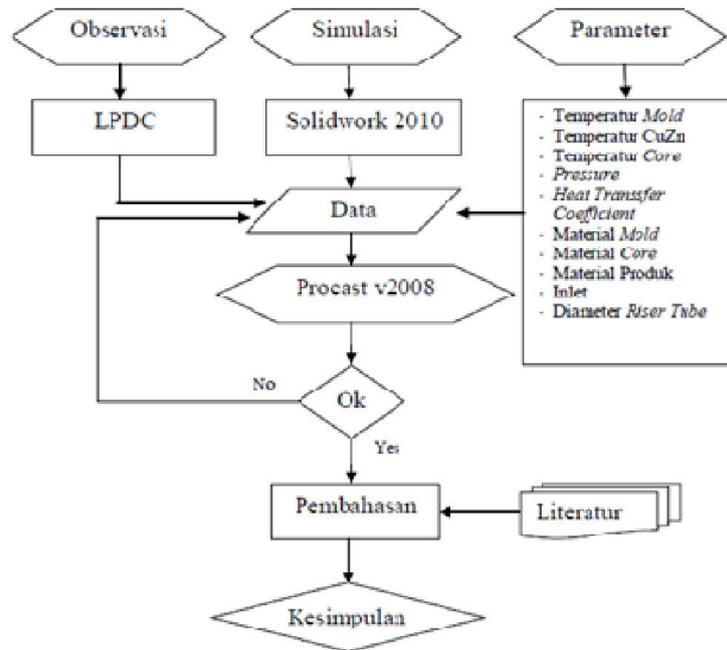
2. METODE

2.1. Prosedur Penelitian

Tahap pertama pada penelitian ini adalah melakukan observasi proses *low pressure die casting* terlebih dahulu yang bertujuan mengetahui parameter yang akan digunakan pada software simulasi ProCAST v2008 dan setelah itu *mold* dan produk digambar dengan menggunakan *software drawing* 3-D. Setelah itu baru dilakukan proses simulasi dengan *import* gambar yang sudah dibuat ke dalam ProCAST v2008. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1

Pada bagian ini akan dapat dilihat data yang diperoleh selama melakukan penelitian di PT. X. Data yang didapat berupa komposisi, temperatur, dan juga dimensi dari produk maupun sistem saluran yang digunakan. Dari tabel 1 dapat dianalisa pengaruh dari komposisi yang digunakan PT.X, karena masing-masing komposisi mempengaruhi kualitas hasil produk coran. Unsur Al akan meningkatkan kekerasan kristal campuran α maupun β , sehingga dengan demikian akan secara umum meningkatkan kekuatan bahan. Selain itu unsur ini akan menggeser daerah α pada diagram binernya menjadi lebih sempit (lihat Gambar 10) sehingga pada kandungan Zn yang sama akan memiliki struktur β yang lebih banyak. Kandungan Al sampai dengan 6% atau 7% biasanya diaplikasikan pada pengecoran dengan pasir cetak, pengecoran cetak gravitasi maupun pengecoran sentrifugal. Unsur Fe hanya dapat larut sedikit di dalam kristal campuran α maupun β . Secara umum

Fe hanya diberikan sebanyak 0.2% sampai 1.2%. Apabila secara bersamaan dipadukan pula unsur Al sampai dengan 7%, maka Fe dapat dinaikkan hingga 4.5%, mengingat unsur ini memiliki efek *grain refining* terhadap paduan CuZn. Unsur Ni larut sangat baik di dalam paduan CuZn, sehingga kuningin dengan paduan Ni sebanyak itu disebut dengan *new silver*, karena berwarna putih seperti perak. Bahan ini memiliki ketahanan korosi yang sangat baik serta banyak diaplikasikan di industri kimia sebagai bahan alternatif pengganti *stainless steel*. [Widodo,R.2012]



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Tabel 1 Komposisi logam kuningin pada PT.X

Elemen	Komposisi (%)
Pb	1 – 2
Al	0.5 – 0.7
Fe	Max 0.2
Sn	Max 0.2
Ni	0.3
Zn	Rest
Cu	60

Tabel 2 Komposisi mold berilium tembaga pada PT.X

Elemen	Komposisi (%)
Co	0.9 – 1.2
Ni	0.9 – 1.2
Fe	Max 0.1
Al	Max 0.1
S	Max 0.2
Be	0.4 – 0.7
Cu	97.5

Berilium tembaga digunakan sebagai material *mold*, material berilium tembaga memiliki temperatur cair lebih tinggi daripada kuningin. Bila tidak maka *mold* akan mengalami abrasi atau pengikisan dan akhirnya mempengaruhi kualitas hasil coran. Penambahan berilium pada tembaga

sangat mempengaruhi kekuatan, konduktivitas termal, mampu listrik. Penambahan unsur berilium maksimal sebesar 0.7% untuk aplikasi *casting* karena unsur ini sangat berbahaya untuk kesehatan tubuh manusia. Maka dari itu penambahan berilium hanya sedikit, yang mana tujuan utamanya adalah meningkatkan konduktivitas termal. [Braddy,S.200]

Tabel 3 Komposisi core pada PT.X

Elemen	Komposisi (Kg)
Pasir	14.8 – 15.2
Resin	0.235 – 0.245
Binder	0.175 – 0.185

Pasir yang paling banyak digunakan dalam pengecoran adalah pasir silika (SiO_2). Keuntungan menggunakan pasir silika adalah karena bahannya murah dan ketahanan terhadap temperatur tinggi. Pasir dan *binder* harus memiliki paduan yang baik agar tidak terjadi poros di dalam *core* yang dapat menyebabkan adanya gas yang dapat terperangkap. Fungsi resin sendiri adalah untuk mengeraskan *core* yang telah dipadu, dimana *core* tidak boleh mudah hancur karena *core* akan terkena aliran dari logam kuningan. Keadaan dilapangan membuktikan bahwa setelah proses *low pressure die casting* dilakukan *core* tidak hancur sehingga dapat membuat rongga dengan baik. Pada aplikasinya di PT.X komposisi yang sering digunakan adalah ukuran (Kg) maksimal dari standar yang ada pada Tabel 3 terutama untuk *core* yang bentuk geometrinya rumit maka resin harus maksimal agar tidak mudah hancur. [Abdullah,Dendi.2009]

Tabel 4 Parameter pada proses *low pressure die casting*

Parameter	Value
Temperatur <i>Mold</i> (BeCu)	700 °C
Temperatur Kuningan (CuZn)	1000 °C
Temperatur <i>Core</i>	50 °C
<i>Pressure</i>	0.4 – 0.7 bar
Diameter Riser Tube (inlet)	33mm
<i>Cast Time</i>	32 sec

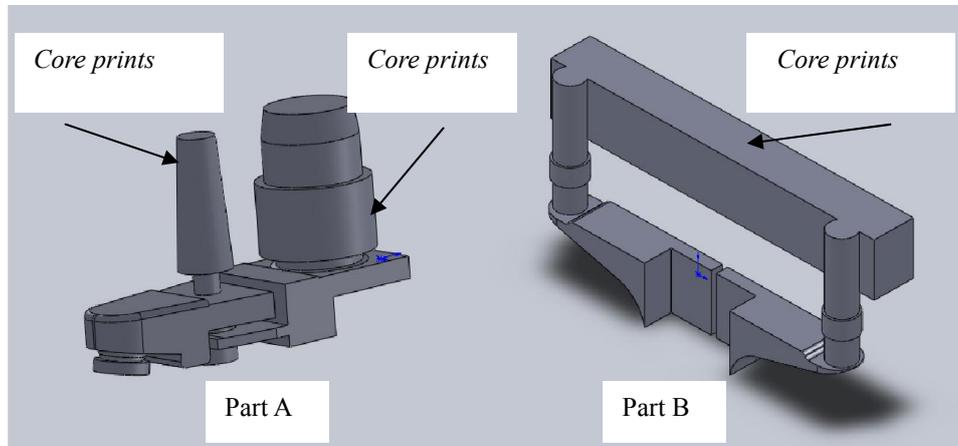
Parameter ini adalah parameter *low pressure die casting* yang digunakan pada produk kran dan parameter ini juga yang dibutuhkan untuk simulasi pada procast v2008. Parameter merupakan parameter yang ideal yang telah dikaji oleh PT.X. Hasil coran yang dihasilkan tergolong baik walaupun untuk tipe ini masih mengalami cacat porositas maupun *hole*. *Cast time* pada Tabel 4 meliputi pemasangan *core* pada *mold*, pengisian logam kuningan dari tungku melalui inlet, solidifikasi kuningan, dan juga pengambilan hasil coran. Sedangkan *pressure* 0.4-0.7 bar dilakukan secara bertahap, semakin jauh logam kuningan mengalir maka *pressure* yang diberikan harus semakin besar karena proses *low pressure die casting* melawan gaya gravitasi.

Tingkat permintaan pasar akan produk kran PT.X untuk tipe ini termasuk sangat tinggi. Hal ini terbukti dari tingkat produksi PT.X untuk tipe ini, yang mana tipe ini hampir diproduksi setiap harinya. Setiap produksi mencapai ± 2000 kran, hal ini menjadi suatu ukuran bahwa banyak konsumen yang tertarik dan nyaman akan tipe ini.



Gambar 2 Body kran produk PT.X

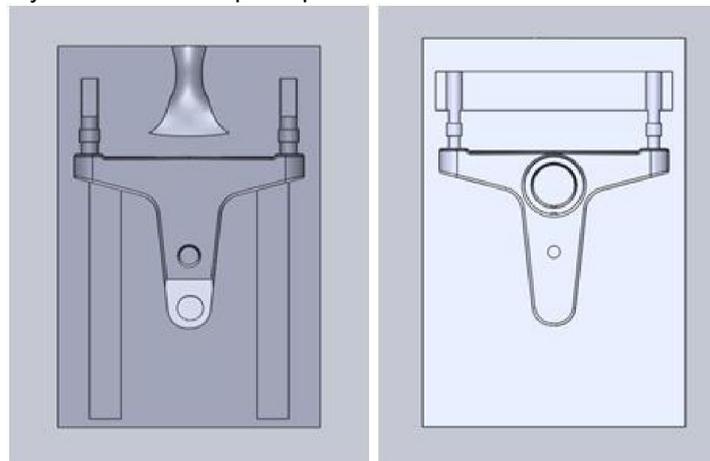
Tipe ini memiliki desain yang elegan sehingga sangat mewah bila digunakan dalam hotel, mall, ataupun perkantoran. Tingkat pembuatannya memang sangat sulit, cacat yang terjadi pada produk ini bisa mencapai ± 442 kran yang cacat. Bila kita lihat Gambar 2 maka akan terlihat banyak *fillet* atau lekukan-lekukan sehingga membuat produk ini sangat rentan terjadi cacat. Biasanya cacat yang terjadi adalah ketika dilakukan proses *machining*.



Gambar 3 Core part A dan B produk kran PT.X

Gambar 3 merupakan *core* fungsinya adalah membuat rongga pada benda coran. Inti dibuat terpisah dengan cetakan dan dirakit pada saat cetakan akan digunakan. Bahan inti harus tahan menahan temperatur cair logam paling kurang bahannya dari pasir. Pada produk kran PT.X ini *core* dibagi menjadi 2 komponen yang disebut *part A* dan *B*. Rongga yang dibuat merupakan ruangan tempat logam cair yang dituangkan kedalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Inti ditempatkan dalam rongga cetak sebelum penuangan untuk membentuk permukaan bagian dalam produk dan akan dibongkar setelah cetakan membeku dan dingin. Seperti cetakan, inti harus kuat, permeabilitas baik, tahan panas dan tidak mudah hancur (tidak rapuh). Agar inti tidak mudah bergeser pada saat penuangan logam cair, diperlukan dudukan inti (*core prints*). Dudukan inti biasanya dibuatkan pada cetakan seperti pada Gambar 3.

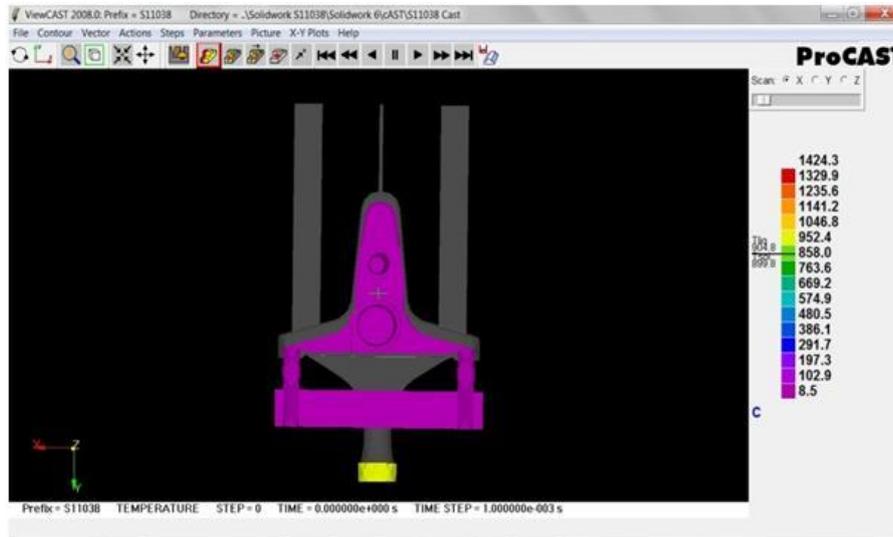
Gambar 4 merupakan gambar *mold* beserta sistem saluran, yang mana berfungsi untuk mengarahkan aliran logam kuning agar menghasilkan produk coran yang baik. *Mold* yang terbuat berilium tembaga ini dapat menahan 50.000x *shot*. Umur dari berilium tembaga ini harus dikontrol, setiap produksi selalu tercatat jumlah injeksi yang dilakukan. Biasanya setelah 50.000x dilakukan *maintenance* dimana *mold* sudah mengalami pengikisan dan biasanya dilakukan penambalan dengan pengelasan TIG. *Mold* yang baik harus memiliki konduktifitas termal yang baik dan tahan terhadap korosi. Paduan berilium tembaga ini memiliki konduktifitas termal yang baik sehingga panas logam kuning dapat dijaga dengan baik, agar fluiditas logam cair mampu mengalir dengan baik. Paduan ini juga memiliki tahan korosi yang baik sehingga produk coran terhindar dari senyawa oksida yang mana senyawa ini menyebabkan inklusi pada produk coran.



Gambar 4 Cope and drag mold produk kran PT. X

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dalam bentuk simulasi proses, sehingga proses pengecoran ini dilihat dalam visualisasi gambar 3D pada *software* procast v2008.



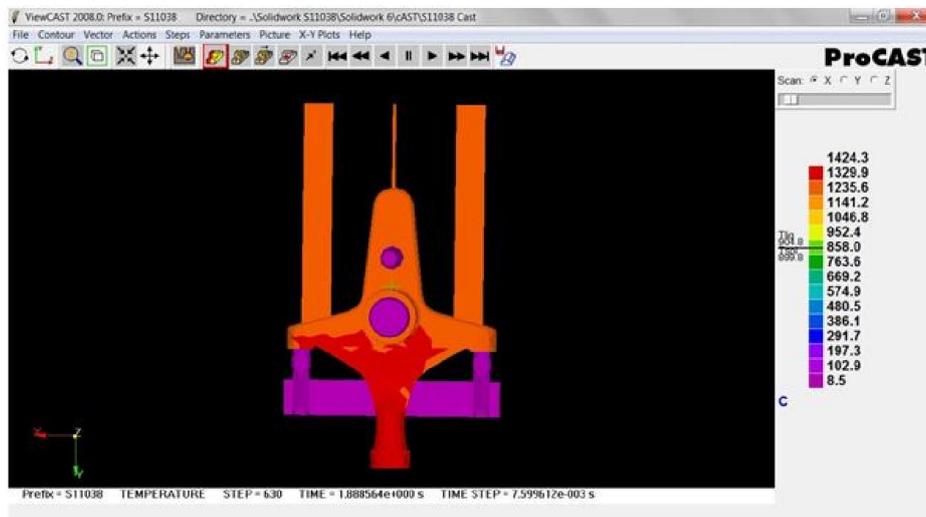
Gambar 5 Proses simulasi produk kran sebelum dimulai

Gambar 5 memperlihatkan kondisi produk sebelum dilakukan simulasi. Temperatur pada hasil simulasi ditunjukkan melalui perbedaan warna seperti yang ditunjukkan pada sisi kanan Gambar 5 dan temperatur yang dihasilkan dalam satuan °C. Warna ini sebagai ukuran kita dalam menentukan porositas atau *hole* pada proses solidifikasi maupun dalam proses pengisian logam kuning ke dalam sistem saluran.

Berdasarkan indikator warna tersebut, sehingga dapat dilihat temperatur *core* antara 8.5 – 100 °C dan inlet mencapai 1046.8 °C. Proses ini dilakukan dengan proses *low pressure die casting*, maka dari itu kita lihat sumbu x,y,z pada keadaan terbalik. Logam kuning yang masuk dalam proses ini diinjeksikan dari bawah atau melawan energi gravitasi. Maka dari itu dibutuhkan tekanan yang cukup untuk mengangakat kuning dari dalam tungku.

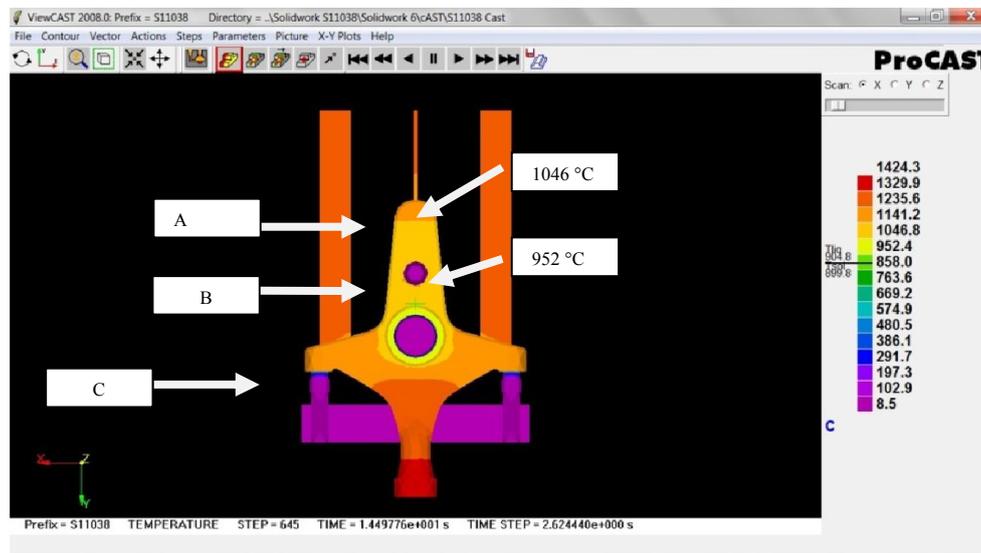
Kuningan diinjeksikan melalui *riser tube* seperti Gambar 5 di atas yang berwarna kuning. *Riser tube* pada sistem saluran ini memiliki diameter 33mm lebih besar dari diameter *runner* yang hanya 30mm. Hal ini berguna agar adanya penyaringan inklusi dari dalam *furnace* kuning. Bila ada logam pengotor lain yang ingin masuk kedalam sistem saluran akan tersaring karena fluiditas pengotor lain seperti Fe, Pb, Al, akan lebih rendah pada temperatur 1000 °C, sehingga pengotor lain tersebut akan mampat dan tidak masuk kedalam *runner*.

Analisa Desain Sistem Saluran Produk Kran



Gambar 6 Pengisian logam kuning pada LPDC ke dalam *mold*

Gambar 6 memperlihatkan proses pengisian dilakukan dengan menggunakan tekanan awal 0.4 bar dari dalam *riser tube*. Kuningan mengisi *mold* dengan cukup lambat untuk menghindari turbulensi. Tetapi tekanan ini tidak konstan karena bila pengisian logam cair makin jauh atau semakin tinggi sehingga akan semakin melawan gaya gravitasi. Jika tekanan yang diberikan terus sama maka dimungkinkan logam cair akan jatuh atau tidak mampu mengisi cetakan secara keseluruhan sehingga dibutuhkan tekanan yang lebih tinggi. Bila tekanan yang diberikan langsung tinggi maka aliran logam akan turbulen walau kuningan cair dapat mengisi semua cetakan. Maka dari itu dibutuhkan pemberian tekanan yang linier dimana tekanan akan ditambahkan tergantung dari jarak yang ditempuh oleh kuningan cair dan itu diukur dalam waktu (sec).



Gambar 7 Proses solidifikasi pada LPDC produk PT.X

Proses solidifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 7 adanya perbedaan warna yang mana hal ini menunjukkan adanya bagian yang lebih dulu membeku. Pada proses ini sangat dimungkinkan adanya terbentuk *hole* karena yang membeku terlebih dulu masih di daerah "B" sedangkan bagian yang harus membeku lebih dahulu adalah daerah "A" karena bagian paling jauh dari *runner* dan memiliki dimensi yang tebal. Pada Gambar 19 laju aliran terlihat baik karena seluruh warna pada setiap bagian sama yang artinya temperatur tiap bagian homogen. Hal ini dikarenakan sistem saluran pada PT.X sudah baik, baik dalam penempatan *riser* maupun *runner*. Tetapi pada proses solidifikasinya mengalami perbedaan waktu pembekuan. Perbedaan waktu pembekuan inilah yang membuat terjadinya poros ataupun *hole*. Karena bila daerah "B" membeku lebih dulu maka daerah "A" tidak mendapat *supply* logam cair lagi ketika menyusut. Pada hukumnya semua cairan yang membeku pasti mengalami penyusutan. Maka dari itu bila penyusutan ini tidak diisi akan terjadi poros tau *hole*.

Hasil simulasi ini memperlihatkan adanya cacat yang terjadi pada produk kran dalam bentuk poros maupun *hole*. Hal ini disebabkan karena pembekuan yang tidak terarah dimana logam logam yang paling jauh dari *runner* atau bagian yang tebal harus membeku dahulu. Walaupun sebenarnya sudah memberikan *riser* pada bagian tersebut yang berguna menampung logam kuningan lebih banyak sebagai cadangan bila terjadi penyusutan. Tetapi hal ini juga tidak menyelesaikan masalah yang ada. Pembekuan terarah salah satu faktornya adalah desain dari *mold*, maka dari itu *mold* harus diperbaiki desainnya agar didapat hasil yang lebih maksimal. Pada sistem saluran ini sudah baik dalam penempatan posisi *runner*, karena memang bagian yang memiliki dimensi paling tebal adalah daerah "C". Sehingga memang bagian ini harus diletakkan dekat dengan *runner* dan juga untuk bagian ini diberi *runner* yang cukup panjang berguna untuk menjadi *supply* untuk daerah "C" bila terjadi penyusutan.

Pada daerah "C" ini juga memang tidak terjadi poros ataupun *hole* sementara pada bagian inilah yang paling rumit dalam bentuk geometrid an memiliki dimensi yang tebal ditambah adanya *boss* yang bertingkat yang memiliki diameter yang berbeda-beda. Karena itu juga aliran logam kuningan harus laminar karena bagian yang paling dekat dengan *runner* merupakan bagian yang paling rumit geometrinya baik itu *body* maupun *core* dan juga bagian yang memiliki dimensi paling tebal. Maka dari itu bila aliran logam kuningan terlalu cepat maka terjadi turbulensi dan hasil dari produk coran akan banyak sirip, bentuk permukaanya tidak halus dan dimungkinkan juga akan banyak pengotor yang masuk dan ikut membeku bersama logam kuningan.

Penambahan Cil Pada Desain Sistem Saluran Produk Kran

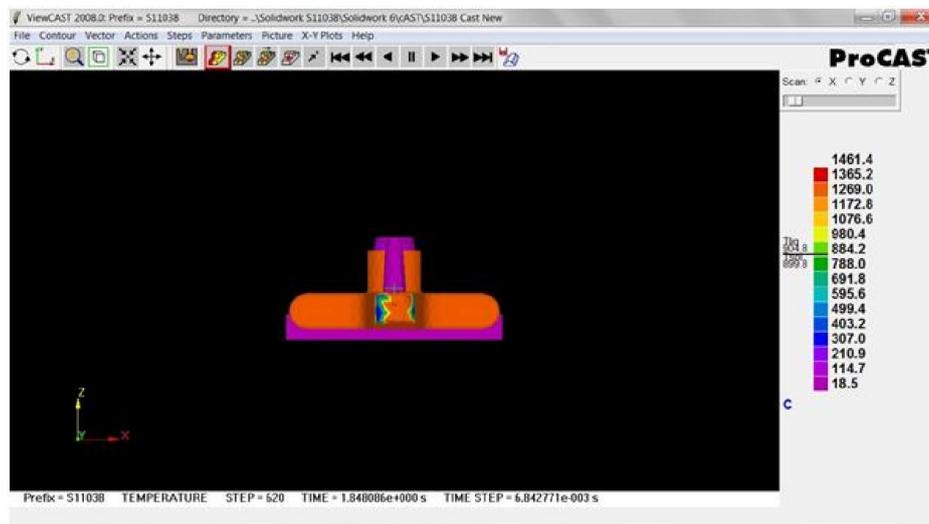
Pembahasan sebelumnya menunjukkan bahwa adanya cacat berupa porositas ataupun *hole* pada produk daerah "A", hal ini harus ditanggulangi dengan menganalisa apa yang menyebabkan cacat ini bisa terjadi dan cara penanggulangannya. Berdasarkan ASM vol 15 pada bab *directional of solidification* dinyatakan factor dari keberhasilan *directional of solidification* atau pembekuan yang terarah adalah desain dari sistem saluran.

Pada hasil simulasi desain cetakan tidak terlalu bermasalah karena memang hanya daerah "A" saja yang dimungkinkan akan terjadi cacat. Tetapi pada bagian yang lain tidak terjadi cacat karena berdasarkan pada proses simulasi yang dilakukan pembekuan pada bagian ini terjadi dengan baik. Pada Gambar 7 juga dapat dilihat bahwa laju aliran baik dan seluruh bagian cetakan terisi dengan baik. Maka dari penulis membuat cil (pendingin coran) pada daerah "A" dengan tidak merubah dimensi maupun bentuk dari sistem saluran produk kran.

Gambar 8 memperlihatkan bahwa ketika logam kuningan diinjeksikan maka bagian yang diberikan cil akan terjadi transfer panas karena temperatur pada bagian ini dibuat lebih dingin dibandingkan yang lain. Bagian yang diberi cil diharapkan akan membeku lebih dahulu dibandingkan bagian yang lain. Arah pendinginan yang kita inginkan dapat diatur. Berdasarkan Gambar 20 dapat dilihat bahwa yang dahulu membeku bagian B-C-A sedangkan yang urutan pembekuan yang kita harapkan adalah bagian A-B-C agar tidak terjadi porositas maupun *hole* sebagaimana desain dari sistem saluran yang telah diamati sebelumnya.

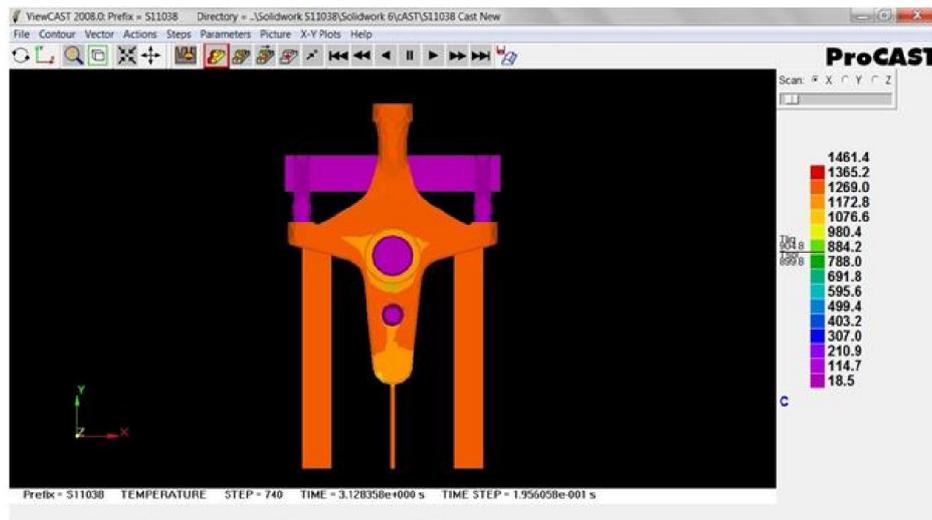
Diagram fasa Cu-Zn dapat dilihat antara titik liquid dan solidus sangat berdekatan yang berarti logam kuningan sangat cepat mengalami pembekuan. Maka dari itu pembekuan pada *die casting* ini harus memiliki arah pembekuan yang baik karena peran *riser* menjadi kurang efektif akibat cepatnya laju pendinginan.

Proses solidifikasi yang dapat dilihat pada Gambar 9 terjadi pendinginan yang lebih dahulu pada bagian yang diberi cil. Pada bagian yang diberi cil temperatur ± 120 °C lebih dingin dibandingkan bagian yang lain, sehingga arah pembekuan benar dapat diarahkan. Cacat pada produk kran dapat dikurangi karena bagian yang dimungkinkan terdapat cacat poros maupun *hole* dapat diatasi dengan pemberian cil. Cil yang digunakan dapat berupa injeksi air, jadi pada saat proses *filling* dilakukan dan pada saat yang sama bagian yang diinginkan membeku lebih dahulu diinjeksikan air. Maka demikian bagian *mold* yang diinjeksikan air akan membeku lebih dahulu, fungsi injeksi air ini adalah untuk menurunkan temperatur *mold*. Bila temperatur *mold* turun secara bersamaan logam yang melewatinya akan mengalami pendinginan lebih cepat dibandingkan dengan logam yang melewati daerah yang tidak diberi cil.

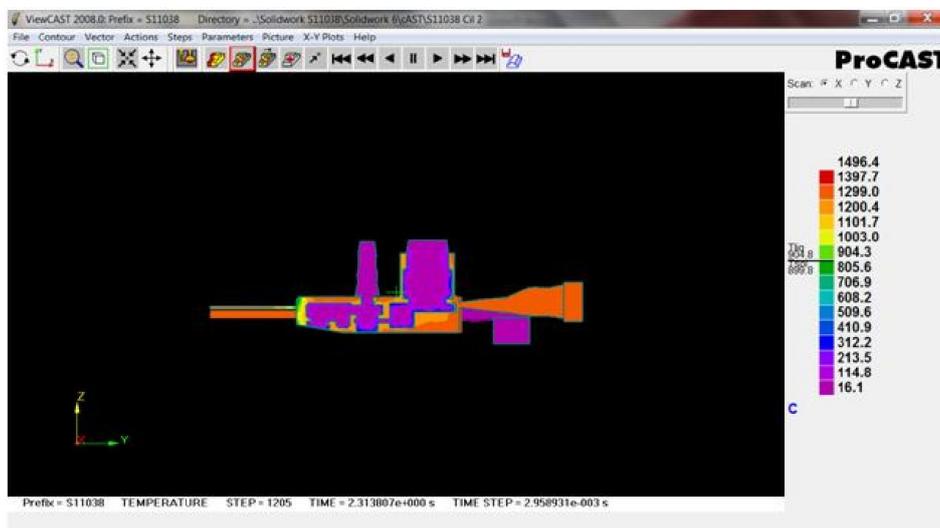


Gambar 8 Pengisian logam kuningan pada LPDC setelah diberi Cil

Selain menggunakan injeksi air cil yang dapat digunakan adalah benda logam yang temperaturnya lebih rendah dibandingkan logam cair yaitu > 1000 °C, logam tersebut ditempelkan pada bagian yang ingin didinginkan terlebih dahulu atau diinginkan membeku lebih dahulu. Pemberian logam lain ini memang lebih tidak efektif karena pada proses *low pressure die casting* seluruh proses dan pergerakan *mold* sudah terjadi secara otomatis sehingga sangat sulit mengaplikasikan cara menggunakan cil seperti ini.



Gambar 9 Solidifikasi pada LPDC produk kran PT.X setelah diberi Cil



Gambar 10 Potongan produk kran pada solidifikasi

Proses solidifikasi pada bagian dalam juga dapat dilihat pada Gambar 10 dimana produk dipotong terhadap sumbu x dan dengan jelas dilihat bahwa terjadi pembekuan sesuai yang diharapkan yaitu logam kuningan membeku dari bagian A-B-C sehingga dapat cacat poros maupun *hole* yang terjadi dapat diminimalisasi pada kualitas hasil coran ini. Hasil simulasi didapat produk yang memiliki arah pembekuan yang baik. Tekanan yang digunakan tetap seperti standar yang digunakan sebelumnya, komposisi kuningan juga tidak dibedakan. Bagian yang diberikan cil adalah bagian yang penting dalam produk kran karena pada aplikasinya, bila sudah dipasarkan dan dijual kepada masyarakat pada bagian inilah tempat air keluar.

Geometri *body* maupun *core* pada produk ini tergolong rumit sehingga memang perlu adanya pemasangan cil karena tidak mungkin hanya menggunakan *riser* karena fungsi *riser* sangat terbatas terutama untuk logam yang titik *solidus* dan *liquidus* berdekatan, dimana logam cair pada *riser* juga akan cepat mengalami pembekuan sehingga tidak dapat mengalirkan *supply* logam cair kepada bagian yang mengalami penyusutan.

4. SIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

- Arah pembekuan yang terjadi pada desain sistem saluran produk kran belum baik karena hasil simulasi procast v2008 menunjukkan komponen yang paling lama membeku adalah komponen yang paling jauh dari *runner* sehingga terjadi cacat poros atau *hole*.
- Penambahan cil pada desain sistem saluran untuk produk kran berhasil membuat pembekuan menjadi terarah dan cacat poros dan *hole* dapat teratasi. Penambahan cil pada desain *mold* berupa injeksi air ataupun logam yang temperatur lebih rendah dari logam kuningan cair.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ASM *Handbook* volume 3, *Alloy Phase Diagrams.*, ASM international handbook committee, 1992.
- [2]. ASM *Handbook* volume 15, *Casting.*, ASM international handbook committee, 1992.
- [3]. Material Handbook volume 15, *Material.*, McGraw-Hill Handbook, 1986.
- [4]. Beeley, Peter., *Foundry Technology, 2nd Edition*, A Division of Reed Elsevier PLC Group, Oxford, 2001.
- [5]. Bonollo, F dan Urban, J., *Gravity and Low Pressure Die Casting of Aluminium Alloy*, Metalurgia Italiana, Italy, 2005.
- [6]. ESI Group Manual, *Meshcast Procast v2008*, Documentation User Manual, 2008.
- [7]. ESI Group Manual, *Meshcast Procast 2010*, Documentation User Manual, 2010.
- [8]. ESI Group Manual, *Procast Tutorial v2008*, Documentation User Manual, 2008.
- [9]. ESI Group Manual, *Procast Tutorial 2010*, Documentation User Manual, 2010.
- [10]. Guofa, Mi., Li Xiangyu, Wang Kuangfei dan Fu Hengzi., *Numerical Simulation of Low Pressure Die Casting Aluminium Wheel*, Vol. 6 (No. 1) , 2009.
- [11]. Kumar, Sunil., Madan, Jatindar dan Kumar Saxena, Ravendar., *Process Simulation of Die Casting*, Vol.2, P 1-5, 2011.
- [12]. Lewis, Roland W., Nithiarasu, Perumal dan Seetharamu, Kankanhalli N., *Fundamental of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow*, University of Wales Swensea, United Kingdom, 2004.
- [13]. Meir, Bar. *Fundamental Of Die Casting Design*, Minneapolis, Vol. 16, 2000.
- [14]. Mikell P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing, Processes and System*, Legh University, Pennsylvania, 1996.
- [15]. Ravi, B., *Casting Simulation and Optimisation*, Indian Institute of Technology, Bombay, 2010.
- [16]. Shamasundar, S dan Gopalakrishna, V., *Gravity Die Casting Process, Die Design and Process Optimisation*, Bangalore, 2005.
- [17]. Maus, Wolfgang., Rockmann Hartmut., Seefldt Rudolf., *Simulation as a Tool in High Pressure Die Casting Process*, Kackertstraße 11, D-52072 Aachen, 2003.
- [18]. Sabatino Di, Marisa., *Fluidity of Aluminium Alloys*, Norwegian University of Science and Technology, Norwegia, 2005.
- [19]. Solidwork Corp., *Help Tutorial Offline*, Documentation User Manual, 2010.
- [20]. ESI Group Manual, *Visual Environment 5.0*, Documentation User Manual, 2009.
- [21]. Z, Ignaszak, *Integrated Engineering Concerning Foundry Technology Realized Inside Co-Engineering Design Systems*, Poznan University of Technology, Poland, 2009.