

# Simulasi Saluran Tuang pada Produk *Pipe Concentric Reducer Fitting* Ø 15” ke Ø11” sebagai Upaya Mengatasi Kejadian Cacat Coran dan Mempersingkat Waktu Proses Pendinginan Logam

Lobes Herdiman<sup>1)</sup>, Arden Ridho Ilham Syawalaxa<sup>2)</sup>, Aldy Fajrianto<sup>2)</sup>, Cornelius Dianto L.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

<sup>2)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta, 57126, Indonesia

Email: lobesh@gmail.com<sup>1)</sup>, ardenilham23@student.uns.ac.id<sup>2)</sup>

## ABSTRAK

Pada paper ini membahas sistem saluran tuang untuk pembuatan produk *cast iron* di industri pengecoran. Sistem saluran tuang berperan terhadap hasil kualitas produk coran dan waktu proses pendinginan logam. Masalah yang selalu dihadapi untuk produk coran seperti cacat porus, retak, deformasi dan cacat tidak nampak. Khususnya masalah logam coran pada pembuatan pipa *fitting concentric reducer* di CV. ABC. Kejadian cacat coran akibat dari desain sistem saluran tuang yang kurang tepat akan menimbulkan cacat coran dan waktu pembongkaran menjadi lama. Kondisi ini dari sejak awal dapat diatasi melalui penggunaan *software* simulasi dalam merencanakan sistem saluran tuang. Analisis yang dapat dilakukan saat pengisian cairan logam ke dalam cetakan meliputi tekanan cairan logam, waktu pengisian logam, perubahan temperatur logam saat sudah mulai padat dan waktu proses pemadatan logam. Hasil *software* simulasi ini mampu menjelaskan kejadian awal dari munculnya kejadian cacat coran dan memperjelas berapa lama waktu proses pendinginan logam yang diperlukan.

**Kata kunci:** Sistem saluran tuang, *software* simulasi, pipa *fitting concentric reducer*, cacat coran

## 1. Pendahuluan

Logam merupakan unsur yang tidak dapat dipisahkan dalam keperluan sehari-hari manusia baik dalam jumlah kecil maupun besar. Beberapa bahan yang terbuat dari logam dimungkinkan hasil dari suatu proses pengecoran. Industri pengecoran logam umumnya terkumpul pada sentra industri pengecoran logam. Berdirinya industri pengecoran logam membutuhkan modal besar dan memerlukan keterampilan khusus bagi pekerjanya ([infokerajinanantembaga.blogspot.co.id](http://infokerajinanantembaga.blogspot.co.id)). Di Indonesia hanya beberapa daerah memiliki sentra-sentra industri pengecoran logam, salah satunya sentra industri pengecoran logam di Jawa Tengah selain berada di daerah Tegal yaitu Sentra Industri Pengecoran Logam Ceper berlokasi di Batur - Ceper, Klaten ([logamceper.com](http://logamceper.com)). Pada saat ini jumlah industri pengecoran logam di Indonesia, khususnya di sentra industri pengecoran logam Ceper Klaten sudah mulai menyusut (Koperasi Industri Batur Jaya, 2013). Kondisi ini membuat pemenuhan atas logam coran untuk kebutuhan konsumen menjadi kurang cepat terpenuhi. Selain itu industri pengecoran logam memerlukan modal produksi cukup besar dan memerlukan keahlian untuk mengawali usaha seperti ini (<http://www.klaten.info>).

Industri pengecoran di negara berkembang selalu dihadapkan pada dua hal masalah dasar yaitu kualitas produk yang buruk dan produktivitas yang rendah (Rajkolhe dan Khan, 2014). Meskipun sejumlah parameter selama proses pengecoran berlangsung sudah dikendalikan, cacat coran selama proses pengecoran selalu muncul sebagai bentuk dari ketidakpastian dan tantangan untuk mendapatkan penjelasan mengenai penyebabnya. Penuangan cairan logam melalui penggunaan pasir cetak dalam pembuatan produk *cast iron* ini tidak terlepas dari cacat permukaan dan gelembung gas bawah permukaan yang selalu ditemukan dan menyusahkan (Naro, 1999). Bagaimanapun inovasi teknologi dan teknik pengecoran telah dikembangkan

dengan meningkatkan bahan campuran sebagai pengikat sintesis dalam pembuatan pasir cetak, tetapi jenis cacat baru akan selalu muncul pada produk akhir (Ohnaka, 2015). Akibat dari cacat coran akan menimbulkan tingkat penolakan karena tidak terpenuhinya atas syarat kualitas yang telah disepakati, pada akhirnya hilang kepercayaan pelanggan dalam bisnis *iron casting* ini.

Menurut Campbell (2015) bahwa pengecoran logam merupakan proses pembentukan logam, diawali dengan mencairkan logam dan menambahkan bahan tambahan ke dalam cairan logam. Proses ini membutuhkan bahan baku berupa logam dan bahan lainnya seperti karbon, silika, mangan dan bahan-bahan pendukung. Selain itu, proses pengecoran juga membutuhkan cetakan sebagai media untuk mencetak logam cair menjadi bentuk yang diinginkan. Proses ini, awalnya berupa pemasakan bahan baku dan material logam tambahan ke dalam tanur hingga cair lalu dituang ke dalam *ladle* dan dimasukkan ke dalam cetakan hingga mengeras. Setelah mengeras akan dilanjutkan dengan tahap *finishing* sebelum hasil produk coran dipasarkan.

Pembuatan *cast iron* memerlukan teknik tersendiri agar dapat menciptakan bentuk produk dari logam yang direncanakan. Teknik pembentukan produk logam melalui proses pengecoran bagi desainer memerlukan kecermatan dalam pembuatan untuk sistem saluran tuang (Nwaogu dan Tiedje, 2011). Sistem saluran tuang (*gating system*) adalah jalan masuk bagi cairan logam yang dituangkan ke dalam rongga cetakan. Menurut Guleyupoglu (1997) bahwa terdapat dua jenis sistem saluran yang digunakan pada pola *cast iron* yaitu bertekanan dan non tekanan, dikenal sebagai sistem "*gate-runner*" dan "*sprue-runner*". Kedua sistem ini yang menentukan waktu cetak selama pengisian cairan logam ke dalam pasir cetak dan waktu pembongkaran cetakan. Meskipun adanya ketentuan lain seperti lokasi "*choke*", merupakan bagian dari saluran persilangan penampang yang dibuat minimum dengan sistem yang kokoh. Sistem ini bagian penting dalam proses pembuatan desain sistem saluran tuang (Sturm, 2010). Berbagai cara dalam teknik pembuatan sistem saluran tuang dapat digunakan bergantung jenis pengecoran. Setiap desain sistem saluran memiliki kelebihan dan kekurangan sehingga perlu dipertimbangkan pemilihan sistem saluran tuang yang tepat agar kegiatan pengecoran dapat berjalan maksimal dan efektif (Panchiwala, Desai dan Shah, 2015).

Salah satu produk *cast iron* yang di produksi CV. ABC yaitu pipa *fitting concentric reducer* ukuran Ø15" ke Ø 11" dengan tinggi 380 mm, jenis *part* sambung untuk dua pipa berbeda diameter. Permintaan pasar akan pipa *fitting concentric reducer* relatif tinggi dibandingkan produk coran lainnya, sebaliknya persentase kejadian cacat coran sebesar 17,6% per 100 produk cor. Cacat coran ini akibat desain pipa *fitting concentric reducer* begitu diproduksi, di mana kedua ujung *inlet* dan *outlet* berada pada garis tengah yang memerlukan standar keteknikan tertentu. Ciri-ciri pipa *fitting concentric reducer* memiliki perbedaan garis tengah dan berfungsi sebagai *reducer*, berguna untuk menyeimbangkan kedua pipa berbeda yang akan disambung. Pemakaian pipa *fitting concentric reducer* untuk sambungan pipa-pipa vertikal dan dipakai sebagai koneksi pada instalasi pemompaan, terutama pompa tipe *top to top* dengan *suction* dan *discharge* yang sama-sama menghadap ke atas (*Indonesian Piping Knowledge*, 2014). Standar yang lain pada pipa *fitting* ini, adanya pengurangan garis aliran untuk ukuran pipa lebih besar ke lebih kecil, hal ini menyebabkan tekanan aliran meningkat (*Prochem Piping Products*, 2013).

Paper ini memberikan pemahaman sebaik mungkin mengenai rencana sistem saluran tuang untuk proses pengecoran dan memberikan kesempatan untuk menganalisis kelemahan dari saluran tuang di industri pengecoran logam. Masalah ini menjadi penting atas kejadian ditolakannya produk dari hasil akhir proses pengecoran. Paper ini juga mengusulkan penggunaan teknik simulasi berbantuan *software click2cast* dalam menetapkan desain sistem saluran tuang untuk aliran cairan logam. Sistem saluran tuang pada pembahasan ini merupakan sistem saluran tunggal, cairan logam yang dialirkan dari *ladle* langsung masuk ke rongga cetakan. Tujuan dari

penggunaan *software* simulasi untuk memudahkan desainer dalam memprediksi saat proses pengecoran secara tepat sebelum terjadinya cacat coran dan mencari solusi yang tepat untuk mengurangi tingkat penolakan produk hasil coran sebelum uji coba produksi di area pengecoran.

*Software* simulasi ini sudah terintegrasi untuk proses lainnya secara paralel dan membutuhkan waktu beberapa menit. Desainer dapat memodifikasi meliputi cara penuangan, desain saluran masuk atau parameter proses lainnya. Akhirnya, penggunaan *software* ini memungkinkan secara otomatis dalam menghitung dan menganalisis desain secara bersamaan, misalnya menganalisis kemungkinan kejadian cacat coran diakibatkan oleh tekanan cairan logam di cetakan, lamanya waktu pengisian dan waktu pendinginan logam pada cetakan.

## 2. Metodologi

Metodologi dimulai dengan mengumpulkan data penolakan akibat cacat coran dari produk pipa *fitting concentric reducer* Ø15" x Ø 11" x 380 mm selama 2 kali pengeluaran dari tanur lebur. Pengambilan data ukuran produk diambil dari dimensi pasir cetak. Pengukuran dilakukan menggunakan penggaris, busur dan penggaris siku. Data ukuran dilanjutkan untuk membuat model 3D simulasi menggunakan *software*. Kejadian adanya cacat coran diamati dan di analisis agar dapat disimulasikan menggunakan *software click2cast*. Simulasi sistem saluran tuang dirancang secara eksperimental agar mampu memprediksi kejadian cacat dari suatu bahan, didasarkan pada perilaku temperatur penuangan cairan logam pada cetakan. Penerapan hasil simulasi ini ditetapkan berdasarkan skala laboratorium.

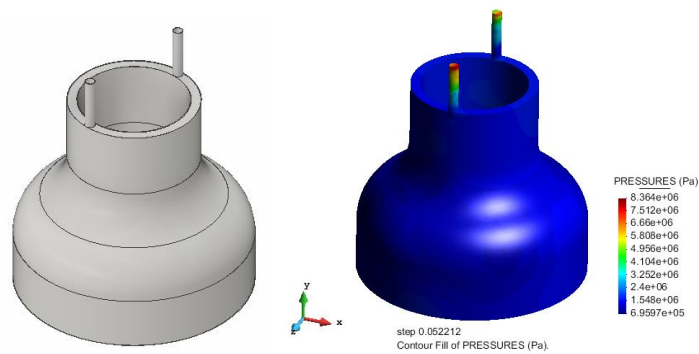
## 3. Hasil dan Pembahasan

Pemakaian pasir cetak dalam proses pengecoran logam biasanya untuk memproduksi produk dalam jumlah tunggal. Konsekuensi keluarannya rendah untuk setiap pasir cetak per produk membuat permintaan hasil jadi coran menjadi tinggi. *Software* simulasi *click2cast* digunakan untuk mensimulasikan aliran cairan logam pada saat proses penuangan ke dalam cetakan. Nilai koefisien konvektif perpindahan panas pada saat simulasi pada pasir cetak dari ke dua kondisi adalah sama, setiap adanya perubahan temperatur cairan dicatat dan menjadi perhatian.

Konvektif koefisien perpindahan panas adalah  $5 \text{ Wm}^{-1}\text{.K}^{-1}$ . Langkah pada proses penuangan cairan logam ke saluran tuang ditetapkan per waktu sebesar 0,1 detik dan lama waktu simulasi secara keseluruhan adalah 10 menit. Perubahan temperatur cairan logam dicatat sebanyak 60 *frame* (per 1 menit) kemudian dianalisis dari ke dua kondisi sebelum dan sesudah adanya perbaikan. Temperatur selama penuangan cairan ke dalam cetakan berkisar 1290 °C sd. 1300 °C dengan kecepatan aliran penuangan adalah 30 m/detik. Analisis saluran tuang untuk pipa *fitting concentric reducer* Ø15" x Ø 11" x 380 mm meliputi tekanan cairan logam, temperatur dan waktu pendinginan logam. Simulasi pada saluran tuang ini dengan cara membandingkan kondisi saat ini sebelum perubahan dan kondisi sesudah adanya perubahan.

### A. Sistem saluran tuang pada kondisi sekarang

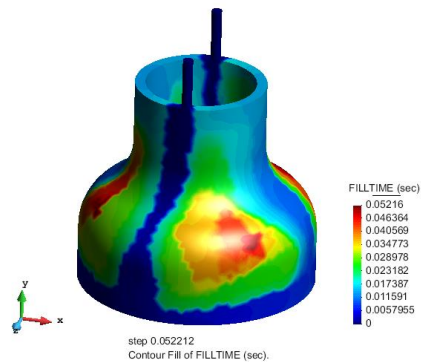
Saluran tuang untuk pembuatan produk pipa *fitting concentric reducer* menggunakan sistem saluran langsung dengan saluran tuang dibuat ganda seperti dijelaskan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Sistem Saluran Tuang dan Simulasi Tekanan Cairan Logam pada Kondisi saat ini

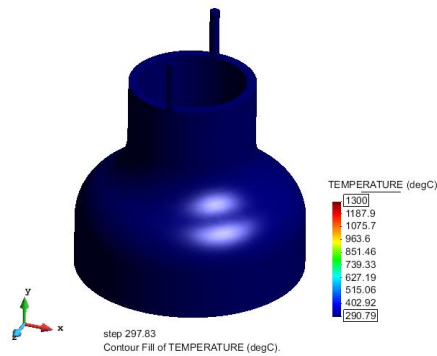
Tekanan cairan logam pada cetakan seperti dijelaskan pada Gambar 1 menunjukkan dengan dominasi warna biru tua. Hal ini menjelaskan bahwa rata-rata tekanan cairan logam (Pa) selama mengisi cetakan berkisar  $6.9597e+05$  sd.  $1.548e+06$ . Kondisi ini juga menunjukkan tekanan cairan logam terlalu rendah dikarenakan udara di dalam cetakan mengalami isolasi (tidak dapat keluar), sehingga dapat meredam tekanan cairan logam saat masuk ke dalam cetakan. Perbaikan saluran tuang diperlukan dengan menambahkan saluran udara, agar udara dalam cetakan dapat keluar ketika penuangan cairan logam dilaksanakan. Diharapkan dengan penambahan saluran udara, pada saat cairan logam dialirkan ke dalam cetakan dapat masuk dengan mudah dan terus mengisi seluruh rongga bagian cetakan.

Lamanya waktu pengisian seperti pada Gambar 2 berkisar antara 0,006 sd. 0,05 detik. Waktu pengisian ke dalam cetakan dapat dipercepat dengan cara meningkatkan tekanan cairan logam selama mengisi ke dalam cetakan. Semakin cepat terisi, maka semakin cepat waktu tunggu untuk waktu pembongkaran cetakan.



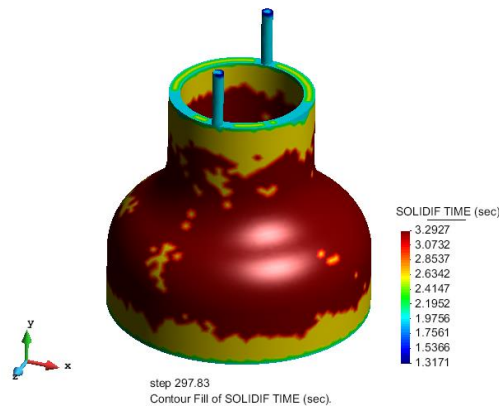
**Gambar 2.** Simulasi Waktu Pengisian pada Kondisi saat ini

Temperatur logam yang sudah padat dalam cetakan yaitu  $290,79$  °C seperti ditunjukkan dengan dominasi warna biru tua (Gambar 3) dan memberikan waktu pembongkaran cetakan secara aman. Namun, tidak adanya sistem aliran udara membuat waktu pendinginan logam ini lebih lama dan waktu tunggu untuk proses pembongkaran cetakan akan menjadi lebih lambat.



**Gambar 3.** Simulasi Temperatur Pematatan Logam pada Kondisi saat ini

Waktu proses pematatan logam pada cetakan sekitar 2,7 sd. 3,3 detik setelah waktu pengisi-an ke dalam cetakan berlangsung. Waktu proses pematatan logam cenderung cepat dikarenakan perbedaan rentang temperatur cairan logam dengan temperatur cetakan yang cukup jauh, sehingga waktu yang dibutuhkan tidak begitu lama. Akibat dari waktu pengisian terlalu lama, hal seperti ini dapat menimbulkan kejadian cacat coran.

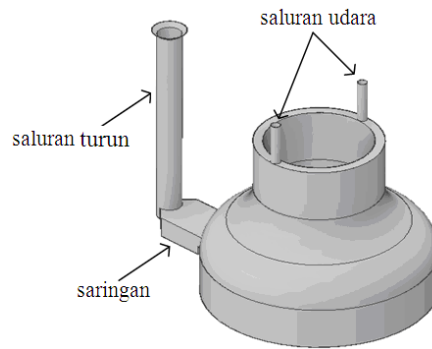


**Gambar 4.** Simulasi Waktu Pematatan Logam pada Kondisi saat ini

Hasil simulasi didapatkan bahwa sistem saluran tuang masih ditemukan adanya kelemahan disebabkan oleh gelembung udara masih terperangkap di dalam cetakan. Kondisi ini akan memicu terjadinya rongga udara yang pada akhirnya dapat menimbulkan cacat coran. Selain itu, sistem saluran dengan 2 lubang penuangan akan membuat tekanan aliran logam ke dalam cetakan menjadi berbeda. Cara penuangan tidak selalu bersamaan antara ke dua pekerja saat mengisi cetakan, kondisi ini dapat memicu munculnya cacat coran. Sistem saluran tuang yang tidak dilengkapi wadah atau tempat saringan juga akan mengakibatkan kotoran masuk ke dalam cetakan. Apabila kotoran terbawa masuk ke dalam cetakan, tentunya menimbulkan cacat coran seperti porus atau retak.

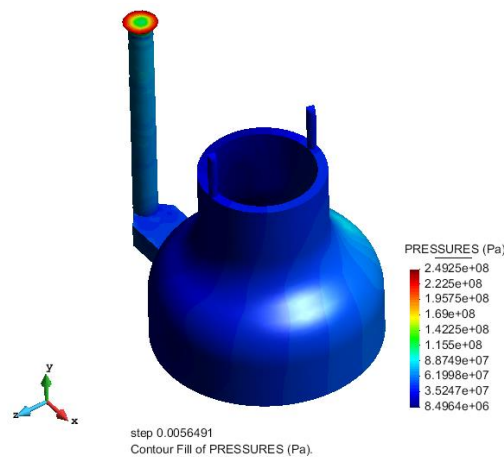
#### B. Sistem saluran tuang pada kondisi usulan perbaikan

Perbaikan pada usulan sistem saluran tuang untuk pembuatan produk pipa *fitting concentric reducer* dengan rancangan meliputi saluran turun (*sprue*), pengalir (*runner*), dan saluran masuk (*in gate*) berfungsi juga sebagai saringan seperti dijelaskan pada Gambar 5.



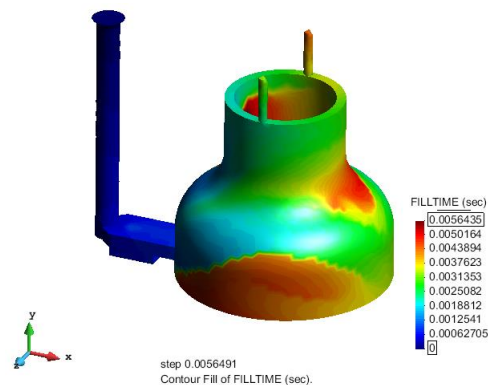
**Gambar 5.** Usulan Perbaikan pada Sistem Saluran Tuang

Tekanan cairan logam pada cetakan seperti pada Gambar 6 menunjukkan dengan dominasi warna biru. Hal ini menjelaskan bahwa rata-rata tekanan cairan logam (Pa) selama mengisi cetakan berkisar  $8.496e+06$  sd.  $3.525e+07$ . Kondisi ini juga memberikan gambaran secara jelas bahwa tekanan cairan logam yang terjadi mengalami peningkatan, tidak seperti sistem saluran tuang sebelumnya. Penambahan saluran udara membuat hambatan aliran cairan logam selama mengisi cetakan menjadi lebih kecil.



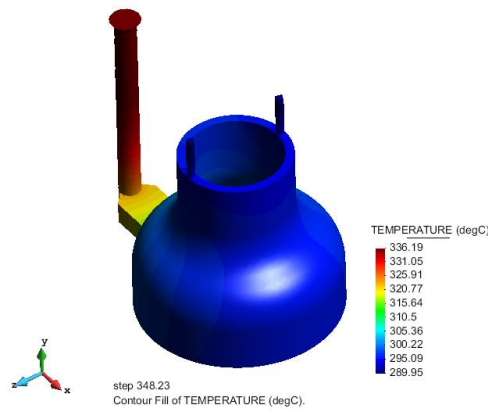
**Gambar 6.** Simulasi Tekanan Cairan Logam pada Usulan Perbaikan

Pada Gambar 7 menunjukkan lamanya waktu pengisian pada cetakan berkisar antara 0,0006 sd. 0,0056 detik. Waktu pengisian ini 10 kali lebih cepat dari waktu pengisian terhadap sistem saluran sebelumnya. Waktu pengisian menjadi lebih cepat, maka waktu tunggu untuk proses pembongkaran cetakan akan menjadi lebih cepat.



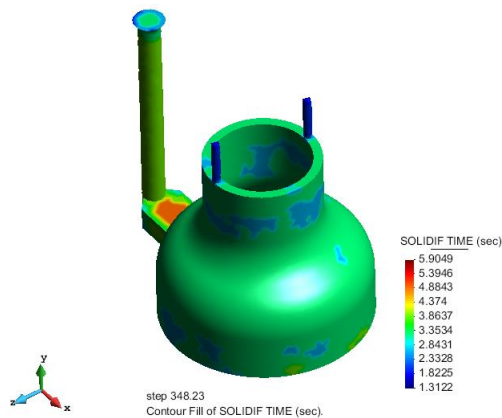
**Gambar 7.** Simulasi Waktu Pengisian Cairan Logam pada Usulan Perbaikan

Temperatur logam sudah padat pada cetakan yaitu 295,09 °C seperti ditunjukkan dengan dominasi warna biru (Gambar 8) dan memberikan waktu pembokaran cetakan secara aman. Perbaikan saluran tuang dengan menambah saluran udara membuat aliran udara dapat mengalir secara baik. Waktu tunggu untuk proses pembongkaran cetakan menjadi lebih cepat dikarenakan waktu pendinginan logam menjadi lebih cepat.



**Gambar 8.** Simulasi Temperatur Pematatan Logam pada Usulan Perbaikan

Waktu proses pematatan logam pada cetakan sekitar 2,8 sd. 3,8 detik setelah waktu pengisian berlangsung seperti pada Gambar 9. Waktu proses pematatan logam cenderung cepat dikarenakan perbedaan rentang temperatur cairan dengan cetakan yang cukup jauh sehingga waktu yang dibutuhkan tidak begitu lama. Waktu pengisian dapat dihemat 10 kali dari waktu kondisi sebelumnya dan mencegah terjadinya cacat coran. Cepat mendinginnya logam coran dalam cetakan dapat mengurangi waktu tunggu untuk pembongkaran cetakan.



**Gambar 9.** Simulasi Waktu Pematatan Logam pada Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan sistem saluran tuang dari sistem tuang langsung menjadi saluran terpisah yang dilengkapi saringan pada saluran masuk. Perbaikan ini diharapkan dapat mengurangi aliran kotoran cairan logam masuk ke dalam cetakan, sehingga dapat mencegah potensi kejadian cacat coran yang disebabkan kotoran. Lubang saluran masuk dibuat tunggal agar tekanan cairan logam yang masuk ke dalam cetakan dapat dikendalikan. Hal ini dilakukan untuk mengatasi adanya perbedaan tekanan pada cetakan dan mengurangi waktu proses pendinginan logam.

#### 4. Simpulan

Pembuatan produk *cast iron* memakai pasir cetak dengan rancangan saluran tuang ganda untuk setiap produk per pasir cetak akan memicu timbulnya cacat coran. Perbaikan sistem saluran tuang dengan menggunakan *software click2cast* dapat memberikan penjelasan mengenai kejadian cacat coran secara baik. Perbaikan saluran tuang untuk pembuatan pipa *fitting concentric reducer* mampu mengatasi kejadian cacat coran akibat dari perbedaan temperatur cairan masuk ke dalam cetakan, mempercepat waktu pengisian cetakan dan mempersingkat waktu proses pendinginan logam.

#### Daftar Pustaka

- Campbell, J. (2015). *Complete Casting Handbook (Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design)*, Second Edition, Published by Elsevier, Butterworth-Heinemann Publications, Waltham, United State of America.
- Indonesian Piping Knowledge (2014). *Perbedaan Penggunaan Eccentric dan Concentric Reducer*. <http://www.idpipe.com/2014/08/perbedaan-penggunaan-eccentric-dan-concentric-reducer.html>. Diunduh pada 29 Maret 2017.
- Koperasi Industri Batur Jaya (2013). *Daftar Anggota Koperasi Industri Batur Jaya*. <http://koperasibaturjaya.com/profil/anggota/>. Diunduh pada 29 Maret 2017.
- Litbang Solopos (2009). *75% Usaha Cor Logam Ceper Terancam Bangkrut*. Info Klaten. <http://www.klaten.info/berita/75-usaha-cor-logam-ceper-terancam-bangkrut.html>. Diunduh pada 29 Maret 2017.
- Logam Ceper (2016). *3 Tipe Industri Pengecoran Logam Ceper*. <https://logamceper.com/tipe-industri-pengecoran-logam-ceper/>. Diunduh pada 29 Maret 2017.
- Naro, R.L. (2000). *Porosity Defects in Iron Castings From Mold-Metal Interface Reactions*. *Modern Casting Journal, AFS Casting Congress*. Vol. 90, No. 5, pp. 839-851.
- Nwaogu, N.C. dan Tiedje, N.S. (2011). Foundry Coating Technology: A Review. *Materials Sciences and Application*, Vol. 2, pp. 1143-1160.
- Ohnaka, I (2015). How to Solve Complex Problems in Foundry Plants - Future of Casting Simulation. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 84. pp. 1-12.
- Panchiwala, J.A., Desai, D.A. dan Shah, P. (2015). Review on Quality and Productivity Improvement in Small Scale Foundry Industry. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 4, Issue 12, pp. 11859-11867.
- Rajkolhe, R. dan Khan, J.G. (2014). Defects, Causes and Their Remedies in Casting Process: A Review. *International Journal of Research in Advent Technology*, Vol. 2, No. 3. pp. 375- 383.
- Saputra, T. (2013). *Peta Lokasi Pusat Kerajinan Tembaga Cor Logam Batur, Ceper, Klaten*. <http://infokerajinantembaga.blogspot.co.id/2013/01/peta-pusat-kerajinan-tembaga-cor-logam-batur-ceper-klaten.html>. Diunduh pada 29 Maret 2017.
- Sturm, J.C. (2010). Cast iron - A Predictable Material (New Capabilities in Casting Process Simulation to Assess Iron Casting Production and Properties). *World Foundry Congress*, October 16-20, Hangzhou, China.