

Pengendalian Kualitas Produk Downlight dengan Implementasi Simulasi Die Casting

Trio Yonathan Teja Kusuma^{1*}, Gunawan Budi Susilo¹, M Zulhan Iswanda¹

¹Fakultas Teknik UIN Sunan Kalijaga

Jl. Laksda Adisucipto Caturtunggal Depok Sleman 55281 Daerah Istimewa Yogyakarta

* trio.yonathan@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i1.18839>

Abstrak

Die casting adalah proses pengecoran dimana logam cair dituangkan ke dalam cetakan dengan cara diinjeksikan menggunakan piston yang didorong oleh energi pneumatik/hidrolik. Pada beberapa kasus, produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan desain yang diinginkan karena cacat akan terjadi jika konfigurasi tidak tepat. Ada beberapa cacat yang umum terjadi pada proses *Die casting* seperti cold shot, penyusutan, gelembung, bengkok, undercut dan lainnya. Dengan bantuan komputer, masalah tersebut diharapkan dapat berkurang. Menggunakan inspire cast untuk memvisualisasikan proses injeksi akan memudahkan analisis proses *Die casting*. Dengan bantuan software ini konfigurasi yang lebih baik dapat dibuat dan diimplementasikan ke dalam mesin. Namun hasilnya berbeda, saat simulasi di software dikatakan bahwa aliran moleten metal dari gate yang berbeda berada di atas temperatur kristalisasi yaitu 665°C sehingga seharusnya akan mengeras dan menyatu dengan lebih baik saat kedua aliran molten metal tersebut bertemu. Setelah masih dilakukan konfigurasi baru, cacat yang terjadi pada proses masih tinggi yaitu 23% dari konfigurasi 1 dan 13% dari konfigurasi 2 dibandingkan dengan 6% dari konfigurasi yang ada. Namun dengan mengimplementasikan perangkat lunak ini akan mengurangi biaya untuk proses trial and error untuk menemukan konfigurasi baru untuk material yang baru.

Kata Kunci : *die casting*, cacat pengecoran, simulasi pengecoran

Abstract

Die casting is a casting process in which molten metal is poured into a mold by injection using a piston driven by pneumatic/hydraulic energy. In some cases, the resulting product does not match the desired design because defects will occur if the configuration is not correct. There are several defects that commonly occur in the *Die casting* process such as cold shot, shrinkage, bubble, warping, undercut, etc. With the help of computers, these problems are expected to be reduced. Using inspire cast to visualize the injection process will facilitate the analysis of the *Die casting* process. With the help of this software, a better configuration can be created and implemented into the machine. However, the results are different, when simulating in the software it is said that the molten metal streams from different gates are above the recrystallization temperature of 665°C so it should harden and fuse better when the two molten metal streams meet. However, after implementing the new configurations into the machine, the process defects were still high at 23% for configuration 1 and 13% for configuration 2 compared to 6% for the existing configuration. However, implementing this software will reduce the cost of trial and error process to find a new configuration for a new material.

Keywords : *die casting*, casting defect, casting simulation

PENDAHULUAN

Die casting merupakan salah satu proses manufaktur yang digunakan pada industri pengolahan logam untuk menghasilkan produk yang beragam (Rahimi, 2003). Proses ini menggunakan proses injeksi logam cair kedalam

cetakan menggunakan piston pendorong dengan penggerak tenaga hidrolik maupun pneumatic (Kwon & Kwon, 2019). Cairan yang memasuki cetakan akan mengeras dan mengikuti bentuk cetakan. Cetakan pada mesin *Die casting* terdiri dari rongga cetakan dan inti cetakan. Tantangan dalam utama dalam proses ini yaitu proses pendesainan dan pembuatan cetakan tersebut. Integrasi bidang desain dan analisi akan menghasilkan hasil yang lebih baik. Pada proses ini biasa tidak jarang ditemukan kecacatan seperti *cold shot*, *shrinkage*, *blowholes*, *crack*, *porosity*, etc (Kwon & Kwon, 2019).

Article History:

Received: January 31st, 2023; **Accepted:** April 5th, 2023

Cite this as:

Kusuma, T.Y.T., Susilo, G.B., Iswanda, M.Z. (2023). Pengendalian kualitas produk downlight dengan implementasi *Die Casting*. *Rekayasa*. Vol 16(3) 58-65.

Umumnya kecacatan tadi muncul karena desain cetakan yang kurang sempurna maupun konfigurasi proses injeksi yang tidak tepat. Dengan berkembangnya teknologi komputer untuk memvisualisasikan high pressure die casing semakin lebih mudah (Perdana & Gunawan, 2015). Pada penelitian ini software inspire cast digunakan untuk mensimulasikan proses injeksi cairan logam alumunium masuk ke dalam cetakan dan memvisualisasikan kondisi cairan ketika memasuki cetakan. Untuk menganalisis adanya kemungkinan kecacatan suhu dari cairan alumunium menjadi acuan dan pertemuan antar dua cairan yang berasal dari gate yang berbeda. Pada kecacatan tertentu memang dipengaruhi oleh kondisi cairan yang berbeda yang berasal dari gate yang berbeda dan menyatu tetapi tidak sempurna. Hal itu akan menyebabkan kecacatan berupa cold shot dimana 2 aliran yang bertemu tidak menyatu dengan sempurna (Shankar Kamble & Kadane, 2016).

Berbeda dengan cold shot, cacat porositas atau bubble disebabkan faktor aliran dari sleeve yang bergelombang dan membawa masuk udara ke cetakan. udara yang terperangkap tidak bisa keluar dan kondisi cairan logam sudah mengeras membuat rongga yang tidak terisi akibat udara tadi tidak keluar (Shankar Kamble & Kadane, 2016). Dengan visualisasi disoftware inspire cast bisa dilihat kondisi cairan logam dengan konfigurasi pergerakan piston yang berbeda sehingga bisa ditemukan konfigurasi yang tepat untuk meminimalisir kecacatan yang muncul. Pada penelitian ini produk Downlight yang diproduksi oleh UPT Logam Yogyakarta menjadi objek penelitian untuk menemukan konfigurasi yang tepat demi mengurangi kecacatan yang muncul akibat konfigurasi mesin yang kurang sempurna. Bahan logam yang digunakan adalah alumunium ADC12. Selanjutnya akan dianalisis biaya yang dikeluarkan ketika trial secara langsung dibandingkan menggunakan software.

Pada penelitian ini produk yang dikaji adalah produk *downlight* NN511 pesanan Panasonic yang sebenarnya proses produksinya dilimpahkan kepada PT. Yogya Presisi Teknitama Indonesia (YPTI) Kalasan. Agar pesanannya tercapai, YPTI melibatkan UPT Logam sebagai pelaksana proyek tersebut. UPT Logam memproduksi *downlight* NN511 yang selanjutnya akan didistribusikan ke PT. Panasonic Gobel Life Solutions Manufacturing

Indonesia Pasuruan oleh YPTI. Sebelum pendistribusian produk ini akan melalui beberapa tahap produksi diantaranya *casting*, *trimming*, inspeksi pertama, penghalusan pertama (gerinda), penghalusan kedua (amplas), inspeksi kedua, dan *packaging*. Pada tahap inspeksi ditemukan banyak kecacatan yang menyebabkan produk tersebut menjadi *Not Good* maupun *Reject*. Dari analisis kecacatan yang didapat terdapat 7 bentuk kecacatan yang sering terjadi diantaranya *cold shot*, cuil, rip mengkerut, *uncut*, retak, gores, dan *bubble*. Dengan tingkat kecacatan paling tinggi adalah *cold shot* yang mencapai 52% dari total kecacatan, diikuti uncut mencapai 29,44%.

METODE PENELITIAN

Unit Pelaksana Teknis Logam (selanjutnya disebut UPT Logam) Yogyakarta merupakan industri yang bergerak dalam bidang jasa pengecoran logam dibawah Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Yogyakarta. UPT Logam secara organisasi sudah menjadi badan layanan usaha daerah (BLUD). Sehingga dapat menerima kerjasama dari IKM yang membutuhkan pelayanan produksi.

Proses Analisis Data

Sebelum pengolahan data dilakukan perlu adanya pengambilan data di lapangan untuk membandingkan kondisi setelah dan sebelum perbaikan. Data yang diambil merupakan hasil trial dengan konfigurasi sebelumnya lalu konfigurasi tersebut akan disimulasikan di software yang sama untuk membandingkan kondisi awal dan akhir. Sebelum mensimulasikan proses injeksi alumunium ke software inspire cast perlu dilakukan persiapan untuk mensimulasikan proses pengecoran.

Langkah pertama yaitu mendesain produk jadi di software CAD termasuk dengan bagian shot sleeve, runner, gate, dan overflow yang sesuai dengan ukuran aslinya. Setelah itu file 3D design tadi dirubah sebagai .STL dan di import ke inspire cast untuk disimulasikan. Konfigurasi dari pergerakan piston disesuaikan dengan keadaan konfigurasi asli mulai dari kecepatan dan posisi pergerakan piston. Simulasi akan memproses desain yang dimasukkan kedalam aplikasi dan merubahnya menjadi mesh lalu merender pergerakan piston dan cairan logam yang memasuki ruangan cetakan. Dari hasil simulasi

yang dibuat nantinya akan dianalisis untuk pergerakan aliran dan penyatuan aliran dari dua gate yang berbeda sehingga dapat diketahui di titik mana kecacatan dapat muncul dan divalidasi dengan kondisi pada kenyataannya.

Konfigurasi

Pada proses injeksi alumunium ke cetakan, tidak serta merta langsung dengan menggunakan satu kecepatan yang sama, tetapi plunger akan berakselerasi mengikuti aliran dari alumunium. Dengan akselerasi plunger yang tepat bisa dihasilkan produk yang minim kecacatan. Dalam fase injeksi terdapat 2 fase utama yaitu fase low speed dan fase high speed (Laukli, 2004). Fase low speed yaitu fase pemenuhan runner dengan akselerasi plunger yang rendah. Gerakan piston pada fase ini akan memengaruhi apakah udara yang ada pada ruang shot sleeve terbuang sempurna atau tidak, Pemenuhan ruang kosong akan dimulai dari titik piston bergerak sampai titik sebelum gate. Pada fase ini kecepatan plunger yang digunakan memiliki rentang 0,05 m/s – 0,7 m/s dengan lama waktu fase ini berkisar 1-7 detik. Untuk jarak yang ditempuh piston pada fase ini bisa dihitung dengan rumus:

$$1^{st} \text{ Travel} = \text{Shot Sleeve Length} - 2^{nd} \text{ travel} - \text{biscuit}....(1)$$

Setelah fase pertama selesai selanjutnya akan memasuki fase kedua yaitu fase injeksi cairan alumunium ke dalam cetakan untuk mengisi ruangan cetakan. Pada fase ini gerakan piston memiliki kecepatan yang tinggi dan bergerak secara instan dengan kecepatan 0,4 m/s – 6 m/s dalam kurun waktu 0,01 – 0,3 detik dengan jarak yang ditempuh bisa dihitung dengan rumus:

$$2^{nd} \text{ Phase Travel} = \frac{\text{Volume After Gate (mm}^3\text{)}}{\text{Plunger Area (mm}^2\text{)}}.....(2)$$

Dengan rumus kecepatan piston dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Plunger Velocity} = \frac{(\text{Gate Area} \times \text{Gate Velocity})}{\text{Plunger Area}}.....(3)$$

Dari data yang diperoleh terdapat beberapa informasi yang bisa digunakan untuk menyusun perbaikan pada konfigurasi injeksi:

- Panjang Shot Sleeve = 392 mm
- Diameter Piston = 70 mm = 0,07 m
- Ketebalan Biskuit = 18 cm = 180 mm
- Cairan yang dituangkan = 0,86 Kg = 361,11 cm³ = 361110 mm³
- Volume biskuit+runner (hasil dari solidwork) = 172.312,32 mm³

Volume produk (hasil dari solidwork) = 165.572,2 mm³

HASIL PEMBAHASAN

Render Model

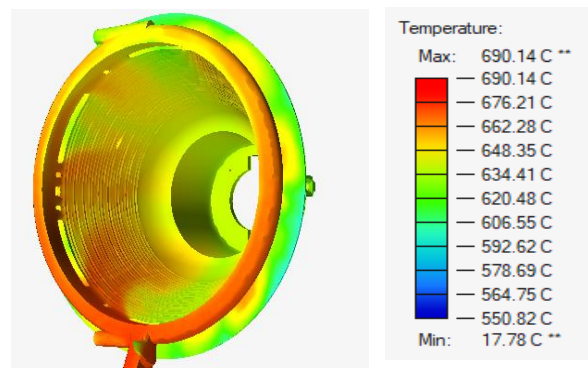
Render pada inspire cast menampilkan berbagai kondisi hasil untuk analisis yang lebih tepat dan mendalam. Pada kali ini hasil yang akan ditampilkan adalah kondisi temperatur dari aliran yang memasuki ruangan cetakan dan hasil microporosity. Dari konfigurasi yang ada akan diinputkan kedalam simulasi. Setelah memasukkan konfigurasi pada simulasi, lalu proses simulasi dijalankan dan hasilnya bisa dilihat setelah render selesai diproses.

Konfigurasi mesin awal sebelum perbaikan:

Konfigurasi ini merupakan konfigurasi mesin pada saat produksi harian sebelum perbaikan dilakukan. Dari data yang terkumpul konfigurasi ini masih kurang sempurna karena kecacatan yang dihasilkan masih terbilang tinggi. Berikut konfigurasi mesin awal.

Tabel 1. Konfigurasi Awal dari Pabrik

PARAMETER 1										
Keterangan	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5	H.S	FL	INT'S	IJ. 0	STOP
POSITION (mm)	10	185	225	-	-	300	320	340	392	420
SPEED (m/s)	185	235	250	-	-	1850	-	-	-	-
H. S. ACC P.						11.5 Mpa				
INT'S ACC P.						12.0 Mpa				



Gambar 1. Hasil Simulasi Proses Casting pada Konfigurasi Awal

Dilihat pada gambar proses pengisian mold, suhu antar pertemuan 2 gate memiliki selisih yang berbeda dimana 2 gate bawah memiliki suhu yang lebih tinggi daripada 2 gate yang tengah, dan 2 gate yang berada diatas memiliki suhu yang lebih rendah daripada suhu gate yang berada di tengah. Dimana suhu yang berasal dari gate A dan F masih berada diatas suhu rekristalisasi (>665°C) bertemu

dengan gate B dan E yang mana sudah memasuki suhu rekristalisasi (<653°C) menyebabkan 2 lokasi pertemuan ini yang sering terjadi kecacatan berupa cold shoot.

Pengolahan Data

1. Menentukan *Filling Ratio* (Fi)

$$Fi = \text{volume cairan yang dituang} / \text{volume shot sleeve}$$

$$Fi = 361110 / (3,14 \times 35 \times 35 \times 392)$$

$$Fi = 361110 / 1507828$$

$$Fi = 0,23949 \rightarrow 0,24 (24\%)$$

2. Menentukan *Velocity Critical Slow Shot* (Vcss)

$$V_{css} = C_{ss} \times (100 - fi) / 100 \times \sqrt{d_{pt}}$$

$$V_{css} = 0,579 \times (100 - 24) / 100 \times \sqrt{0,035}$$

$$V_{css} = 0,579 \times 0,76 \times 0,264$$

$$V_{css} = 0,116 \text{ m/s}$$

3. *Movement second phase*

$$\text{2nd phase travel} = \frac{\text{volume after gate}}{\text{Plunger Area}}$$

$$= \frac{165.575,2}{3,14 \times 35 \times 35} = 43 \text{ mm}$$

4. *Movement first phase*

$$\text{1st phase movement} = 392 - 43 - 18$$

$$= 331 \text{ mm}$$

Hasil Perhitungan :

Fi = 24% (Low Ratio)
 Vcss = 0,116 m/s

First phase movement = 331 mm
 Second phase movement = 43 mm

Dari hasil perhitungan tadi bisa disusun beberapa alternatif para meter perbaikan dengan memperhatikan hasil perhitungan diatas yang selanjutnya akan disimulasikan ke aplikasi inspire cast.

Tabel 2. Konfigurasi Parameter Alternatif 1

Alternatif 2	1st phase			2nd phase	3rd phase	H.S ACC P	INT's ACC P
	step 1	step 2	step 3				
postion	10	200	250	331	350	12 Mpa	12 Mpa
speed	116	200	250	1250	-	-	-

Tabel 3. Konfigurasi Parameter Alternatif 2

Alternatif 4	1st phase			2nd phase	3rd phase	H.S ACC P	INT's ACC P
	step 1	step 2	step 3				
postion	10	200	280	324	350	12 Mpa	12 Mpa
speed	200	250	285	1250	-	-	-

Hasil Simulasi Alternatif 1

Analisa 1st Phase

Pada analisa 1st Phase, dilihat dari aliran alumunium pada shot sleeve dari awal hingga akhir 1st phase ombak yang terjadi karena

dorongan piston memiliki ombak yang sempurna yaitu tidak terdapat ombak yang menggulung dikarenakan pergerakan piston terlalu cepat maupun gelombang kecil yang disebabkan piston terlalu rendah. Dapat dilihat pada pergerakan piston detik ke-1,36. Dengan total waktu yang dilalui untuk menyelesaikan 1st phase selama 1,4 detik.

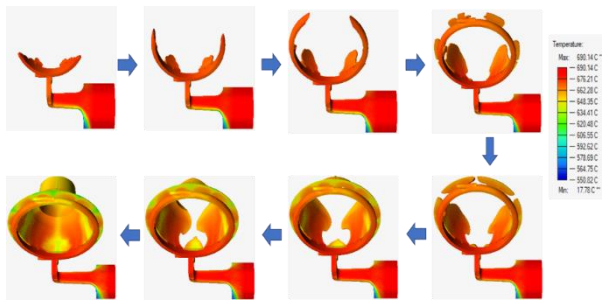
Tabel 4. Hasil Simulasi Inspire Cast: 1st Phase Parameter Alternatif 1

Foto Hasil Inspire Cast	Detik Ke- (s)
	0
	0.25
	0.5
	0.75
	1
	1.25
	1.36
	1.39
	1.4

Analisa 2nd Phase

Dilihat pada 2 gate yang berada terdekat dengan runner terisi dan cairan memasuki ruangan terlebih dahulu, diikuti dengan 2 gate yang tengah dan terakhir 2 gate yang terletak diatas. Melihat pada skala suhu, cairan yang masuk dari gate 2 bawah memiliki rentang suhu 662,28-676,21°C, dan suhu menurun Ketika memasuki dalam ruangan menjadi 648,35-662,28 °C. suhu cairan yang masuk pada gate tengah berada pada rentang 662,28-676,21°C dan bercampur dengan cairan dari gate bawah dengan suhu 648,35-662,28 °C.

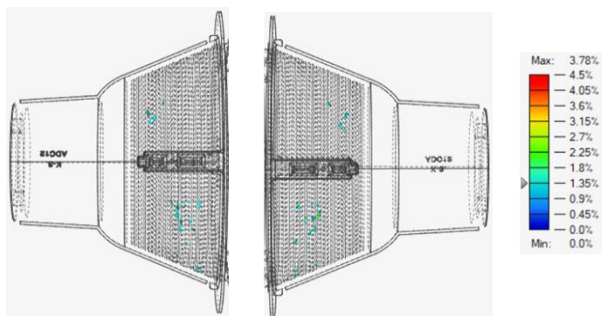
Dua daerah percampuran ini menjadi daerah yang biasanya terjadi kecacatan. Dengan perbedaan suhu yang terlalu jauh menyebabkan percampuran cairan menjadi tidak sempurna dan menyebabkan cacat cold shot. Dilihat pada gambar proses pengisian mold, suhu antar pertemuan 2 gate yang berbeda memiliki suhu yang terbilang tidak signifikan (dilihat dari skala). Aliran alumunium yang memasuki gate bertemu diantara 2 gate tersebut bertemu di tengah antara gate tersebut dengan suhu yang tidak terlalu jauh selisihnya, Dimana suhu yang berasal dari gate A dan F masih berada diatas suhu rekristalisasi (>665°C) bertemu dengan gate B dan E yang mana sudah memasuki suhu rekristalisasi (<665°C) tetapi karena selisih yang tidak terlalu jauh, tingkat kecacatan pada area ini dapat dikurangi, hal ini menyebabkan percampuran 2 aliran yang berasal dari 2 gate lebih sempurna dari sebelumnya, hal ini mengurangi kecacatan daripada parameter sebelumnya.



Gambar 2. Hasil Simulasi Inspire Cast: 2nd Phase Parameter Alternatif 1

Analisa Microporosity

Berdasarkan hasil simulasi inspire cast, dapat diambil informasi terdapat daerah yang terdapat microporosity yang terdapat di beberapa titik yang ditandai dengan warna biru muda-hijau yang berarti memiliki tingkat microporosity senilai 1,35%-1,8% dari volume produk.



Gambar 3. Hasil Simulasi Inspire Cast: Microporosity Parameter Alternatif 1

Hasil Simulasi Alternatif 2

Analisa 1st Phase

Pada Analisa 1st Phase Dilihat dari aliran alumunium pada shot sleeve dari awal hingga akhir 1st phase ombak yang terjadi karena dorongan piston memiliki ombak yang sempurna yaitu tidak terdapat ombak yang menggulung dikarenakan pergerakan piston terlalu cepat maupun gelombang kecil yang disebabkan piston terlalu rendah. Dapat dilihat pada pergerakan piston detik ke-1,218. Terdapat sedikit gelombang yang kurang sempurna pada saat cairan masuk kedalam runner pada detik ke-1,239. Dengan total waktu yang dihabiskan untuk menyelesaikan 1st phase selama 1,255 detik.

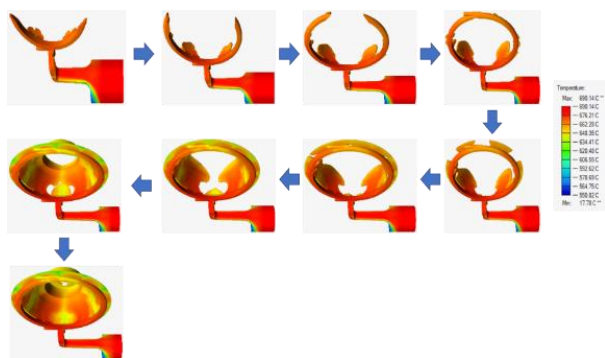
Tabel 5. Hasil Simulasi Inspire Cast: 1st Phase Parameter Alternatif 2

Foto Hasil Simulasi Inspire Cast	Detik Ke- (s)
	0
	0.25
	0.5
	0.75
	1
	1.218
	1.239
	1.25
	1.253

Analisa 2nd Phase

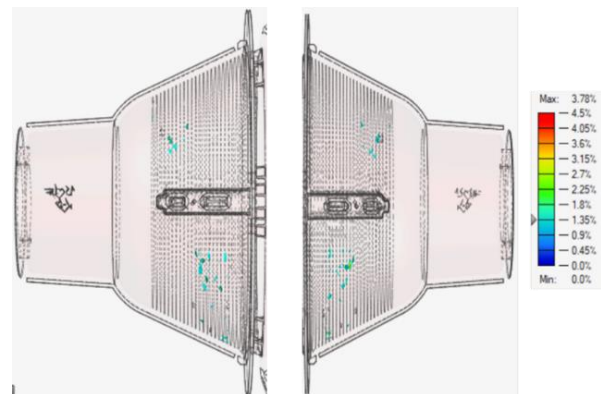
Hasil analisa 2nd Phase dapat dilihat pada 2 gate yang berada terdekat dengan runner terisi dan cairan memasuki ruangan terlebih dahulu, diikuti dengan 2 gate yang tengah dan terakhir 2

gate yang terletak diatas. Melihat pada skala suhu, cairan yang masuk dari gate 2 bawah memiliki rentang suhu 662,28-676,21°C, dan suhu menurun Ketika memasuki dalam ruangan menjadi 648,35-662,28 °C. suhu cairan yang masuk pada gate tengah berada pada rentang 662,28-676,21°C dan bercampur dengan cairan dari gate bawah dengan suhu 648,35-662,28 °C. 2 daerah percampuran ini menjadi daerah yang biasanya terjadi kecacatan. Dengan perbedaan suhu yang terlalu jauh menyebabkan percampuran cairan menjadi tidak sempurna dan menyebabkan cacat cold shot. Dilihat pada gambar proses pengisian mold, suhu antar pertemuan 2 gate yang berbeda memiliki suhu yang terbilang tidak signifikan (dilihat dari skala). Aliran alumunium yang memasuki gate bertemu diantara 2 gate tersebut bertemu di tengah antara gate tersebut dengan suhu yang tidak terlalu jauh selisihnya, Dimana suhu yang berasal dari gate A dan F masih berada diatas suhu rekristalisasi (>665°C) bertemu dengan gate B dan E yang mana sudah memasuki suhu rekristalisasi (<665°C) tetapi karena selisih yang tidak terlalu jauh, tingkat kecacatan pada area ini dapat dikurangi, hal ini menyebabkan percampuran 2 aliran yang berasal dari 2 gate lebih sempurna dari sebelumnya, hal ini mengurangi kecacatan daripada parameter sebelumnya.



Gambar 4. Hasil Simulasi Inspire Cast: 2nd Phase Parameter Alternatif 2

Analisa Microporosity



Gambar 5. Hasil Simulasi Inspire Cast: Microporosity Parameter Alternatif 2

Hasil analisa microporosity menunjukkan berdasarkan hasil simulasi inspire cast, dapat diambil informasi terdapat daerah yang terdapat microporosity yang terdapat di beberapa titik yang ditandai dengan warna biru muda-hijau yang berarti memiliki tingkat microporosity senilai 1,35%-2,25% dari volume produk.

Berdasarkan hasil rekap data pada saat trial sampai menghasilkan konfigurasi yang terbaik, penggantian konfigurasi pada sat trial dilakukan sebanyak 6 kali sampai ditemukan konfigurasi yang paling stabil. Dari hasil penyesuaian konfigurasi ini menghasilkan total kecacatan sebanyak 118 produk cacat dari 405 shot yang dihasilkan atau sebesar 29% dengan total kerugian sebesar Rp 708.000,00 belum termasuk biaya untuk mendatangkan konsultan pengatur konfigurasi mesin. Berdasarkan hasil rekap data pada saat trial sampai menghasilkan konfigurasi yang terbaik, penggantian konfigurasi pada sat trial dilakukan sebanyak 2 kali dengan 2 alternatif yang disusun menghasilkan total cacat sebanyak 40 produk dari 181 shot yang dihasilkan atau sebesar 22% dengan total kerugian sebesar Rp 240.000,00.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan jumlah kecacatan, jenis kecacatan yang paling banyak adalah cold shot dengan letak cold shot yang paling banyak adalah pada bagian disekitar Gate A, hal ini dikarenakan suhu percampuran cairan Alumunium yang berasal dari gate A dan B memiliki suhu yang berada dibawah suhu rekristalisasi sehingga

percampuran kedua aliran alumunium tersebut tidak sempurna.

- b. Dari hasil simulasi dapat menggambarkan keadaan aliran alumunium pada mold sehingga dapat dianalisis kemungkinan kecacatan yang ada pada saat proses produksi, hal ini membantu mengurangi biaya yang dikeluarkan pada saat Trial tanpa adanya simulasi sebelumnya.
- c. Konfigurasi yang disusun menggunakan rumus yang tertera masih kurang optimal dibandingkan dengan konfigurasi yang telah dibuat dan di sesuaikan hingga mencapai titik yang paling optimal, tetapi dengan bantuan rumus dan simulasi dapat mengurangi biaya yang harus dikeluarkan ketika saat trial konfigurasi sehingga dapat menghemat biaya yang dikeluarkan. Dari 2 konfigurasi yang diusulkan alternatif 4 merupakan konfigurasi yang paling mendekati konfigurasi optimal, perlu dilakukan sedikit penyesuaian agar konfigurasi ini menjadi optimal.
- d. Perubahan konfigurasi *injection* berpengaruh pada hasil produk yang dihasilkan pada setiap produksi menggunakan konfigurasi yang berbeda.

Saran

Dari hasil analisis dan observasi yang telah dilakukan di perusahaan, dapat diambil beberapa saran yang bisa diaplikasikan dalam proses produksi kedepannya sebagai berikut:

- a. Penyusunan konfigurasi dapat dilakukan secara mandiri menggunakan rumus yang ada untuk menjadi konfigurasi *Injection* dasar yang selanjutnya dapat dirubah menyesuaikan dengan produk hasil dari konfigurasi yang ada agar menjadi lebih optimal.
- b. Simulasi dapat digunakan untuk membantu visualisasi bagaimana proses injeksi alumunium kedalam cetakan. Setelah penyusunan konfigurasi *injection* selesai, selanjutnya konfigurasi tersebut dapat menjadi input di simulasi untuk dijalankan agar mendapatkan hasil visual yang digunakan untuk perkiraan kecacatan yang terjadi.
- c. Pengurangan biaya trial dapat dilakukan dengan membuat konfigurasi matematis yang selanjutnya diimplementasikan ke simulasi sebelum konfigurasi yang disusun di implementasikan langsung ke mesin sehingga

menghemat biaya yang dikeluarkan saat proses *Trial*.

DAFTAR PUSTAKA

- Avner, S, H, 1974, Introduction to physical metallurgy (Vol. 2, pp. 481- 497), New York: McGraw-hill.
- Beeley, 2001, Cacat Coran dan Pencegahannya, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Budiyono, A, 2012, Peningkatan Sifat Mekanis Aluminium Bekas Yang Didaur Ulang Melalui Inokulasi Unsur Tembaga, Jurnal Sains dan Teknologi, 12-22.
- Callister, W, D, 2001, Fundamentals of Materials Science and Engineering, Department of Metallurgical Engineering The University of Utah.
- Degarmo E Paul., Black JT., Kohser Ronald. A. 2003. Material and Processes in Manufacturing, Ninth edition. John Wiley, India.
- Diamond, H, 1965, Investment Casting, A Manufacturing Possibility for Elberton, Georgia Institute of Technology, Georgia.
- Faisol, Moh, 2018. Rancang Bangun Mesin Centrifugal Casting Horizontal Untuk Pengecoran Aluminium Skala Laboratorium, Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.
- Giancoli, D, C 2005, Physics : Principles with Application. Sixth edition, London : Prentice Hall International, Inc.
- Ghofur, A, 2017, Studi Sifat Mekanis Dan Fisis Daur Ulang Paduan Aluminium Silicon (Al-19% Si) Melalui Proses High Pressure Die Casting (Hpdc) Dan Gravity Casting (Gc), Universitas Muria Kudus, Kudus.
- Ingle, V., & Sorte, M. (2017). Defects, root causes in casting process and their remedies: review. *International Journal of Engineering Research and Application*, 7(3), 47-54.
- Kohlstädt, S., Vynnycky, M., Goekec, S., & Gebauer-Teichmann, A. On determining the critical velocity in the high-pressure *Die casting* machine's shot sleeve using CFD.
- Krisbianto, D., Rahmalina, D., & Suwandi, A. (2019). Optimasi Desain Gating System Proses *Die Casting* Cold Chamber Menurunkan Cacat Produk. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 4(2), 50-67.

- Laukli, H. I. (2004). High Pressure *Die casting* of Aluminium and Magnesium Alloys: Grain Structure and Segregation Characteristics.
- Lumley, R. (Ed.). (2010). *Fundamentals of aluminium metallurgy: production, processing and applications*. Elsevier.
- Lorraine, F, Francis, 2016, Chapter 6-Dispersion and Solution Processes, Materials Processing.
- Moreland J., Estrada J., Mosquera E., Toth K., Silaen A.K., Zhou C.Q. (2020) Integrating Fluid Simulation with Virtual *Die casting* Machine for Industry 4.0 and Operator Training. In: Tomsett A. (eds) Light Metals 2020. The Minerals, Metals & Materials Series. Springer, Cham.
- Muhammad, Arsyad, 2018, Rancang Bangun Aplikasi perhitungan Sistem Saluran Pada Pengecoran Logam, Teknik Mesin Produksi, Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin.
- Patil, R. T., Metri, V. S., & Tambore, S. S. (2015). Causes of Casting Defects with Remedies. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 4(11), 639-644.
- Permana Eka Galang, 2020, Studi Pengaruh Metode Pengecoran Terhadap Density, Porositas, Kekerasan dan Struktur Mikro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Putra Leo Rendiana dan ifra'l Mochamad Arif, 2019, Pengaruh Kecepatan Putar Mesin Centrifugal Casting Pada Proses Pengecoran Aluminium Terhadap Kekerasan dan Porositas, Jurnal Teknik Mesin, 7(1), Surakarta.
- Rahmawan, Hafidz Dienur, 2017, Pengaruh Putaran Pada Cetakan Pengecoran Aluminium Dengan Metode Horizontal Centrifugal Casting Terhadap Cacat Coran, Kekerasan Dan Struktur Mikro, Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Rahimi, A.(2003). Introduction Of High Pressure Die-Casting And Common Defects In Die-Casting. Islamic Azad Univercity Of Saveh
- Reikher, A., & Gerber, H. (2011). Calculation of the die cast parameters of the thin wall aluminum die cast part. *Die casting Engineer*, 55(4), 40-43.
- Santoso, Nugroho, dkk, 2015, Variasi Perubahan Putaran Pada Pengecoran Aluminium Bentuk Puli Dengan Metode Centrifugal Casting Terhadap Peningkatan Kekuatan Mekanik. Jurnal Material Teknologi Proses (ISSN: 2477 - 2135), Volume 1, Hal 1, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Surdia Tata., Chijiwa Kenji. 1986. Teknik Pengecoran Logam. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Vinarcik, E. J. (2002). *High integrity Die casting processes*. John Wiley & Sons.