

ANALISA CACAT PENYUSUTAN MATERIAL FCD450 DAN ALUMINIUM A356 PADA PROSES PENGECORAN STANG PISTON DINDING TIPIS MENGUNAKAN SIMULASI

Nicolas Hary Cahaya¹), M. Sobron Yamin Lubis²), Abrar Riza³)

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

e-mail: ^{1,*}nicolas.515190017@stu.untar.ac.id, ²sobronl@ft.untar.ac.id, ³abrarr@ft.untar.ac.id,

*Korespondensi: nicolas.515190017@stu.untar.ac.id

Abstract: Metal castings are generally used to manufacture machine parts with complex shapes, including the manufacture of thin wall components. Thin wall casting (TWC) is a casting method for producing lightweight component objects by thinning the component walls such as plates or parts of the cast object that can be thinned. Thin wall ductile iron (TWDI) is nodular cast iron, casted through TWC. TWDI makes nodular cast iron possible to compete with aluminum when compared to the weight between these two materials. The application of aluminium to TWC aluminum will lead to lighter components production. The main reason aluminum is replacing cast iron in the automotive field is the inability or lack of interest on the part of cast iron manufacturers to produce lightweight iron components, which is TWDI. The use of simulation in the casting process helps to show the whole process in casting. This research was conducted to determine the effect of using the TWC design made for nodular cast iron on aluminum and the defects formed by using this design through software simulation. The casting design used uses Sulamet-Ariobimo et al. casting design [10] which has succeeded in producing connecting rod components using TWDI on an industrial scale. The simulation software used is the Altair Inspire Cast simulation (serial number: 680344) owned by PT. Wisma Teknik Lestari. Simulations were carried out for both FCD450 and A356 materials. Based on the results of the shrinkage simulation, there are shrinkage defects in the TWDI material and there are no shrinkage defects in Aluminum A356. This is due to the solidification characteristics and cooling rate of the two materials, where the cooling rate for TWDI is 3.84×10^4 J, and 8.85×10^4 J for Aluminum A356. In addition, based on the solid fraction simulation results, there are hotspots on cast components for TWDI materials which result in shrinkage defects in the components.

Keywords: Thin wall casting, Simulation, TWDI, aluminium A356, shrinkage defects.

PENDAHULUAN

Pengecoran logam umumnya digunakan untuk membuat bagian mesin dengan bentuk yang kompleks, termasuk didalamnya pembuatan komponen dinding tipis. Pada prakteknya bahan-bahan logam yang umum dilakukan pembentukan dengan proses pengecoran adalah besi, aluminium, tembaga, magnesium, dan timah [1].

Thin wall casting (TWC) adalah metode pengecoran untuk memproduksi benda komponen yang ringan dengan cara melakukan penipisan dinding komponen seperti plat atau bagian pada benda cor yang dapat dilakukan penipisan. [2]. Penipisan dinding ini dilakukan untuk mengurangi berat dari komponen sehingga menghemat penggunaan energi pada bidang aerodinamika dan otomotif [3]. Namun perlu diperhatikan kemampuan pengisian cetakan (*mold filling capacity*) dari material TWC. Laju pendinginan yang cepat pada bagian tipis dapat menghambat fluiditas logam cair, menyebabkan terjadinya solidifikasi dini (*premature solidification*) sehingga cetakan tidak dapat terisi dengan penuh. Oleh karena itu, perlu diketahui fluiditas material pada proses pengecoran dan faktor yang mempengaruhinya [4]. *Thin wall ductile iron* (TWDI) merupakan besi cor nodular yang dicor melalui TWC. TWDI menjadikan besi cor nodular dapat bersaing dengan aluminium jika dibandingkan berat antara kedua material [5]. Dengan metode ini, komponen TWDI memiliki berat yang lebih ringan daripada aluminium.

Aluminium dan paduannya termasuk material ringan (*lightweight material*). Selain itu, aluminium memiliki massa jenis yang rendah, rasio antara kekuatan dan massa jenisnya (*specific strength*) dan sifat kaku beserta dengan kemampuan cor (*castability*) yang baik [4]. Salah satu paduan aluminium yang umum digunakan pada pengecoran logam adalah

Aluminium A356, dikarenakan kelebihan yang dimiliki jika dibandingkan dengan paduan aluminium lainnya. Paduan ini memiliki kelebihan antara lain yaitu ringan dibanding besi dan baja, tahan korosi yang baik, *fluidity*, *machinability* dan *weldability* yang baik [6]. Penerapan TWC pada aluminium akan menyebabkan semakin ringannya komponen yang dihasilkan. Alasan utama aluminium menggantikan besi cor pada bidang otomotif adalah ketidakmampuan atau kurangnya minat dari pabrik pengecoran besi cor untuk menghasilkan komponen besi *lightweight*, yang merupakan TWDI [7].

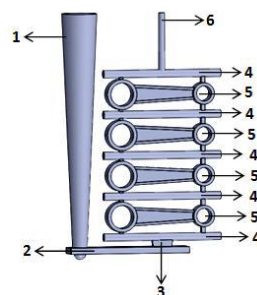
Selain kurangnya minat dari pabrik pengecoran besi, keuntungan pembuatan komponen melalui proses pengecoran dengan menggunakan aluminium daripada besi cor adalah nilai massa jenis aluminium yang rendah, sebesar 0.38 nilai massa jenis besi cor. Terdapat beberapa keuntungan dengan menggunakan aluminium untuk menghasilkan komponen benda cor [8]:

- Titik leleh yang rendah, sehingga *temperature* penuangan rendah. Hal ini berarti *temperature* cetakan meingkat secara perlahan dan cetakan permanen dapat digunakan. Penggunaan cetakan permanen meningkatkan akurasi dimensi dan permukaan komponen.
- Nilai konduktivitas termal yang tinggi meningkatkan laju pendinginan
- Sifat non-magnetik dari aluminium yang mempermudah proses *scraping* dan *recycling*
- Hasil akhir dan *finishing* yang baik dari aluminium itu sendiri.

Penggunaan simulasi dalam proses pengecoran menyebabkan membantu menunjukkan keseluruhan proses pada pengecoran. Dengan bantuan simulasi, komponen yang dihasilkan akan semakin berkualitas karena perubahan yang terjadi pada benda cor ditampilkan dengan jelas (cacat, profil *temperature*, kecepatan dan sebagainya). Selain itu, simulasi dapat digunakan untuk memperbaiki komponen yang memiliki kendala dan juga untuk pembuatan desain baru dalam waktu yang sangat singkat. Simulasi terutama membantu meningkatkan keunggulan dan perkembangan komponen benda cor. Simulasi membutuhkan input data yang sangat sedikit dan memberikan hasil yang dapat diandalkan yang berdampak pada kualitas dan hasil [9]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan desain TWC yang dibuat untuk besi tuang nodular terhadap aluminium dan cacat yang terbentuk dengan penggunaan desain tersebut.

METODE PENELITIAN

Casting design yang digunakan adalah *casting design* yang dibuat oleh Sulamet-Ariobimo dkk [10] seperti ditunjukkan pada Gambar 1. *Design* ini langsung digunakan pada simulasi dengan menggunakan bahan/material aluminium. *Casting design* yang digunakan pada penelitian ini mengikuti *casting design* milik Sulamet-Ariobimo dkk. [3] yang telah berhasil menghasilkan komponen dinding tipis yang berupa stang piston (*connecting rod*) dengan menggunakan material TWDI baik melalui proses simulasi menggunakan *Z-Cast* maupun proses pengecoran yang dilakukan pada skala industri. *Casting design* ini langsung digunakan pada simulasi dengan menggunakan material aluminium. Komponen yang akan disimulasikan berupa stang piston yang mengikuti design Sulamet-Ariobimo dkk. [10].



Gambar 1. *Casting Design*, 1=*Sprue* 2=*Runner* 3=*Ingate* 4=*Riser* 5=Komponen benda cor 6=*Air Vent* [10]

Software simulasi yang digunakan adalah simulasi *Altair Inspire Cast* (nomor seri: 680344) yang dimiliki PT. Wisma Teknik Lestari. Simulasi dilakukan baik untuk material FCD450 maupun A356. Parameter simulasi ditentukan terlebih dahulu sebelum menjalankan simulasi. Pertama, meng-*import* file *casting design* ke dalam *software Altair Inspire Cast*, dan kemudian menentukan komponen-komponen pengecoran seperti saluran tuang dan saluran pengalir, cetakan, inti (*core*) beserta dengan *riser*, dan kemudian menentukan arah gravitasi. Metode pengecoran yang dilakukan berupa pengecoran pasir menggunakan pasir furan sebagai cetakan. Pasir furan juga akan digunakan sebagai inti terhadap komponen benda cor. Penuangan dimulai dari bagian atas saluran tuang, mengisi cetakan hingga penuh selama 5 detik. *Temperature* penuangan diatur untuk kedua material, 1350°C untuk FCD450 dan 788°C untuk A356. Dasar pemilihan *temperature* adalah untuk meningkatkan fluiditas kedua material agar tidak terjadi solidifikasi dini (*premature solidification*).

Jenis *meshing* pada *software Altair Inspire Cast* berupa tetrahedral. Pada simulasi yang akan dilakukan ukuran *meshing* yang ditetapkan adalah 1mm. Penetapan angka *meshing* ini didasarkan dari hasil simulasi yang akurat atau hasil simulasi dengan hasil yang cepat.

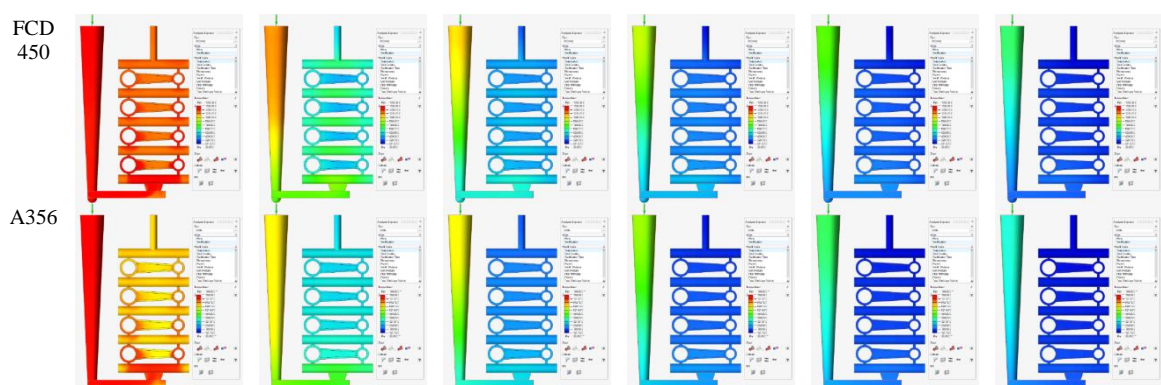
Pembahasan cacat akan dilakukan terhadap cacat penyusutan (*shrinkage defects*). Selain itu diperhatikan hasil simulasi *temperature*, *liquid fraction*, dan *solid fraction* untuk masing-masing material. Data hasil simulasi *temperature* akan dihitung secara konduksi dan konveksi untuk melihat laju pendinginan kedua material.

Liquid fraction menunjukkan daerah pada *casting design* yang mulai mengalami solidifikasi, sedangkan *solid fraction* menunjukkan proses solidifikasi. *Liquid fraction* dan *solid fraction* dinyatakan dalam angka pada *range* 0 hingga 1. Nilai 0 menunjukkan logam cair masih sepenuhnya dalam fasa cair, dan nilai 1 menunjukkan logam cair telah dalam fasa padat. Pada *software Altair Inspire Cast*, hasil simulasi *liquid fraction* dapat dilihat pada hasil simulasi *filling>solid fraction*, dan hasil simulasi *solid fraction* dapat dilihat pada hasil simulasi *solidification>solid fraction*. Hasil simulasi *solid fraction* dikaitkan dengan hasil simulasi *shrinkage* untuk melihat daerah penyusutan yang terjadi.

Hal yang harus diperhatikan adalah legend pada hasil simulasi *temperature* dikarenakan *temperature* penuangan yang berbeda untuk kedua material. Oleh karena itu, perlu diperhatikan nilai pada *legend* setelah hasil simulasi keluar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

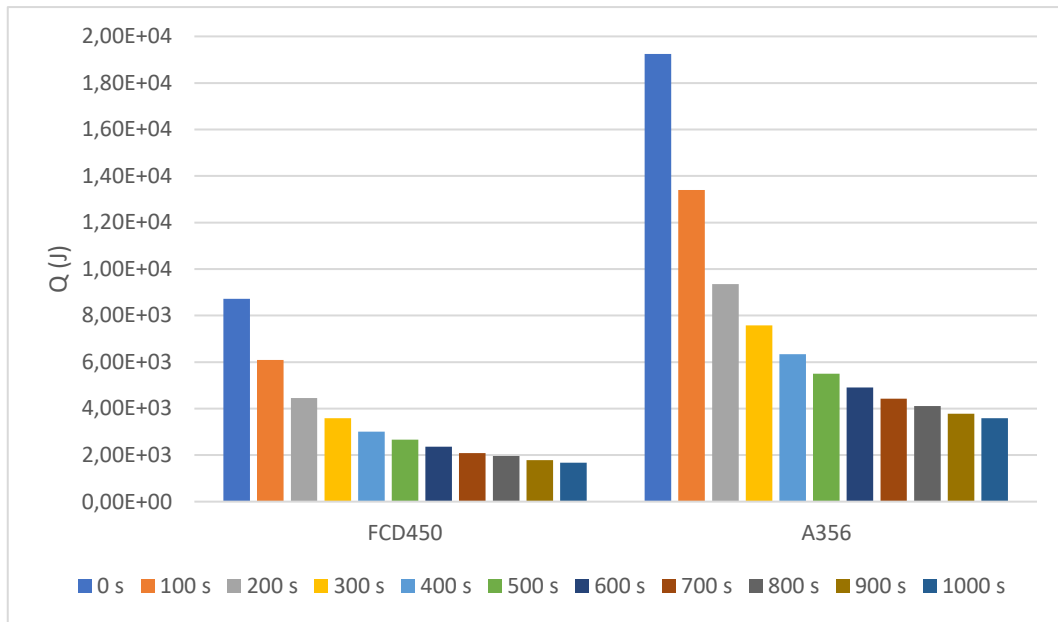
Perbandingan hasil simulasi *temperature* pada proses solidifikasi antara FCD450 dengan A356 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Simulasi Temperature (solidification)

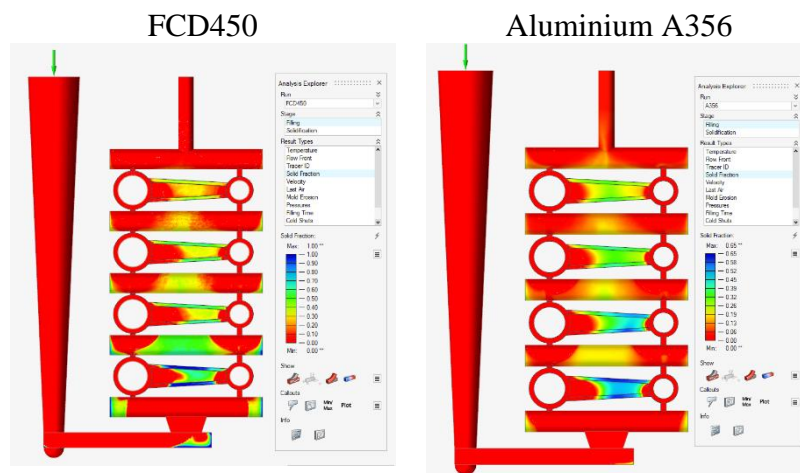
Berdasarkan hasil simulasi *temperature (solidification)*, kedua material FCD450 dan A356, *temperature* paling tinggi berada pada saluran tuang, dan *temperature* terendah berada pada daerah komponen benda cor. Jika dianggap sebagai satu kesatuan, maka penurunan

temperature dimulai dari ujung atas *riser/air vent*, menuju ke bagian bawah saluran masuk dan berakhir pada saluran tuang.



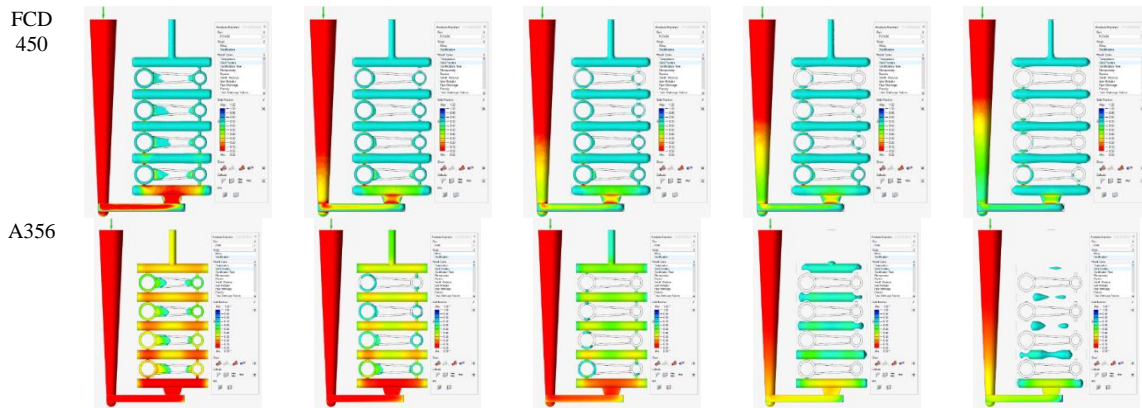
Gambar 3. Laju Pendinginan FCD450 dan A356

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa laju pendinginan A356 lebih cepat dibandingkan FCD450. Nilai perpindahan panas pada FCD450 adalah sebesar 3.84×10^4 J dan 8.85×10^4 J untuk A356. Hal ini diakibatkan oleh perbedaan *temperature* dan nilai termal konduktivitas yang signifikan dari kedua material.



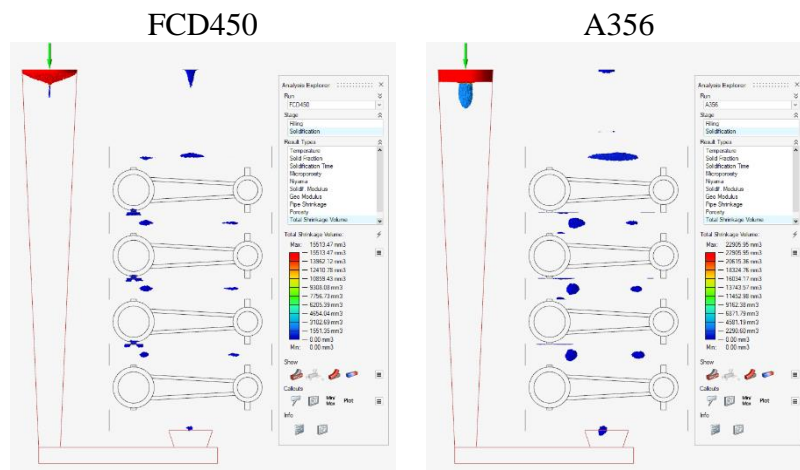
Gambar 4. Hasil Simulasi *Liquid Fraction*

Hasil simulasi *liquid fraction* menunjukkan daerah yang berada pada fasa *liquid* maupun *solid*. Nilai 1 berarti fasa *liquid*, dan nilai 0 menunjukkan fasa *solid*. Kedua material FCD450 dan Aluminium A356 dapat mengisi cetakan hingga penuh. Hal ini dapat dilihat dari hasil simulasi diatas yang menunjukkan daerah *connection* antara *riser* dan benda cor masih berwarna merah yang berarti tidak terdapat kendala saat pengisian karena daerah berwarna merah berarti cairan logam berada dalam fasa *liquid*. Untuk daerah yang berwarna selain merah berarti logam cair telah mulai mengalami solidifikasi.



Gambar 5. Hasil Simulasi Solid Fraction

Hasil simulasi *solid fraction* menunjukkan daerah pada casting design yang mulai mengalami solidifikasi awal sampai solidifikasi terakhir. Berdasarkan hasil simulasi *solid fraction*, proses solidifikasi terjadi mulai dari bagian tengah benda cor, dan kemudian menuju ke *riser*. Untuk material Aluminium A356, *hotspot* berada pada *riser* yang berarti penyusutan akan terjadi pada *riser*. Sedangkan untuk FCD450 terdapat *hotspot* pada sekitar *connection riser* dan benda cor.



Gambar 6. Hasil Simulasi Shrinkage

Berdasarkan hasil simulasi *shrinkage*, penyusutan yang terjadi pada benda cor untuk material FCD450 ditandai pada daerah biru. Akan tetapi daerah berwarna biru tersebut telah mengenai benda cor sehingga menjadi cacat penyusutan. Untuk material Aluminium A356 tidak terdapat cacat penyusutan dan sesuai dengan hasil simulasi *solid fraction* pada Gambar 5, penyusutan terjadi pada daerah *riser*. Hal ini diakibatkan oleh karakteristik solidifikasi dan laju pendinginan dari logam cair masing-masing.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan cacat penyusutan yang terjadi diakibatkan oleh karakteristik solidifikasi dan laju pendinginan dari material masing-masing. Hasil simulasi *solid fraction* menunjukkan bahwa untuk material FCD450 *hotspot* terjadi pada daerah *connection riser* dan benda cor yang berakhir sebagai cacat penyusutan. Selain itu, laju pendinginan A356 lebih cepat dibandingkan FCD450 yaitu sebesar 8.85×10^4 J untuk A356 dan 3.84×10^4 J untuk FCD450. Laju pendinginan kedua material

diakibatkan oleh nilai konduktivitas termal dan perbedaan *temperature* yang cukup signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Tarumanagara karena telah menerbitkan jurnal ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PT. Wisma Teknik Lestari karena telah memfasilitasi simulasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suprpto, W. (2017). Teknologi Pengecoran Logam. Universitas Brawijaya Press.
- [2] Sulamet-Ariobimo, R. D., Soedarsono, J. W., & Soemardi, T. P. (2018). Thin Wall Ductile Iron Castings. InTech. doi: 10.5772/intechopen.72117
- [3] W.C. Harrigan, Handbook of Metallic Composites, Marcel Dekker, New York, 1994, p. 759.
- [4] Ravi, K. R., Pillai, R. M., Amaranathan, K. R., Pai, B. C., & Chakraborty, M. (2008). Fluidity of aluminum alloys and composites: A review. Journal of Alloys and Compounds, 456(1-2), 201-210.
- [5] Sulamet-Ariobimo RD. Thin wall ductile iron casting for thin wall austempered ductile iron. [Dissertation]. Indonesia: Universitas Indonesia; 2010
- [6] Surdia, T. dan Saito, S., 1992, Pengetahuan Bahan Teknik, P.T Pradnya Paramitha, Jakarta.
- [7] Stefanescu, D. M., & Ruxanda, R. (2003). Lightweight iron castings- can they replace aluminium castings? Foundryman, 96(9), 221-224.
- [8] Fraś, E., Górný, M., & Lopez, H. (2014). Thin wall ductile iron castings as substitutes for aluminium alloy castings. Archives of Metallurgy and Materials, 59.
- [9] Gaware¹, A. A., & Mahalle, A. K. (2017). A review on investigation of casting defects with simulation.
- [10] Sulamet-Ariobimo, R., Yudha, G., Sukarnoto, T., Mujalis, Y., & Oktaviano, Y. (2017). Thin Wall Austempered Ductile Iron Connecting Rod for Lighter Automotive Component-Production of Thin Wall Ductile Iron Connecting Rod (No. 2017-32-0125). SAE Technical Paper.
- [11] Campbell, J. (2015). Complete casting handbook: metal casting processes, metallurgy, techniques and design. Butterworth-Heinemann.