

OPTIMASI SISTEM SALURAN TUANG PRODUK COR PULI 12” MENGUNAKAN SIMULASI ESI PROCAST

Sepfitrah

Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

*corresponding author : sepfitrah@yahoo.com

Abstrak

Poroses pengecoran melalui beberapa proses yaitu, peleburan dan pepaduan logam, pembuatan cetakan, penuangan logam cair kedalam cetakan, dan proses pengerjaan akhir⁽⁵⁾. Setiap tahapan memiliki parameter yang ditentukan guna mendapatkan hasil pengecoran yang baik dan bebas dari cacat. Seperti pengaturan temperatur peleburan dan penuangan logam cair, sistem rongga saluran tuang, dan jenis cetakan yang digunakan. Pada industri kecil parameter proses pengecoran lebih mengikuti pengalaman, sehingga parameter tadi tidak terukur. Pada akhirnya, hasil produk coran berkualitas rendah dan banyak terdapat cacat. Pada penelitian ini dicoba untuk mencari sebuah solusi dalam pengecoran produk puli pada sebuah industri kecil. Produk akhir yang didapat masih terdapat cacat *shrinkage* (penyusutan). Penelitian ini menggunakan metoda kajian teori dan perhitungan mengacu pada literatur serta FEA (*Finite Element Analisis*) sebagai pendekatan terhadap fenomena hasil pengecoran. FEA berupa simulasi komputer digunakan untuk menganalisa sistem saluran tuang dan proses pembekuan logam cair dalam cetakan. Berdasarkan hasil penelitian terdapat kesalahan dalam perencanaan saluran tuang yang akhirnya menyebabkan terjadinya cacat *shrinkage*, dalam hal ni penempatan posisi raiser dan dimensi *raiser* itu sendiri yang tidak dapat menyuplai logam cair untuk mengatasi efek penyusutan selama proses pembekuan logam cair.

Kata kunci: Pengecoran logam, cetakan, *shrinkage*, simulasi

Abstract

Metal casting through several processes namely, melting and alloying of metal, mold making, pouring molten metal into the mold, and the finishing process⁽⁵⁾. Each stage has the specified parameters in order to obtain good results of casting and free of defects. Such as temperature regulation smelting and pouring of molten metal, gating system, and the type of mold used. In the small industrial casting process parameters more closely follow the experience, so it was not a measurable parameter. In the end, the results of casting products of low quality and there are many defects. In this study attempted to find a solution in the foundry products pulleys in a small industry. The final product is obtained, there are still defects shrinkage. This research uses the study of theory and calculation method refer to the literature and FEA (Finite Element Analisis) as a result of the phenomenon approach to casting. FEA in the form of computer simulations are used to analyze the gating system and solidification pour molten metal into molds. According to the research there are errors in planning gating system that led to the shrinkage defects, in this case the positioning and dimensions raiser can not supply molten metal to overcome the effects of shrinkage during the solidification process molten metal.

Keywords: metal casting, molding, shrinkage, simulation.

PENDAHULUAN

Pengecoran logam adalah suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan komponen yang mendekati bentuk geometri akhir dari produk jadi⁽²⁾. Logam yang telah cair dituangkan atau ditekan ke dalam cetakan yang memiliki rongga sesuai dengan bentuk produk. Proses-proses dalam pengecoran meliputi : peleburan logam, pembuatan cetakan, penuangan logam cair dan pengerjaan akhir/*finishing*.

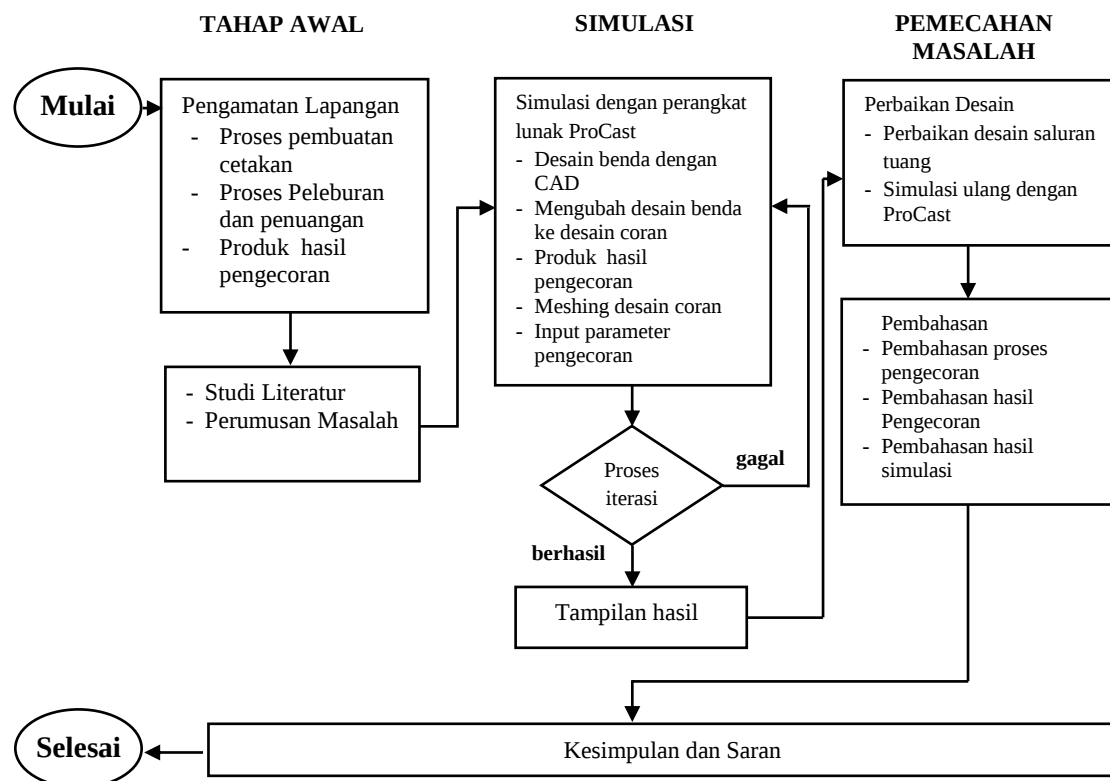
Proses pengecoran menggunakan cetakan sebagai wadah pembentuk logam cair menjadi produk yang direncanakan. Jenis cetakan pasir yang paling sering digunakan. Hal ini disebabkan beberapa faktor antara lain. Pembuatan cetakan yang relatif mudah, biaya pembuatan yang rendah, dan dapat mengecor benda yang berukuran besar, tetapi umumnya memerlukan pengerjaan akhir dikarenakan produk yang dihasilkan mempunyai permukaan relatif kasar.

Bahan baku coran dapat berupa logam *fero* maupun *non-fero*. Beberapa komponen mesin membutuhkan bentuk dan sifat tertentu yang hanya dapat diproduksi dengan teknik pengecoran logam. Besi cor adalah salah satu logam *fero*

yang mempunyai mampu lebur yang baik dan banyak diaplikasikan pada beberapa komponen teknik, seperti roda gigi, puli, rumah pompa, barbel, blok mesin dan lain-lain.

Pemilihan material untuk sebuah komponen harus disesuaikan dengan kondisi operasinya dan kemudahan dalam memproduksi-nya. Salah satu komponen yang pada proses produksinya membutuhkan proses pengecoran logam adalah puli, terutama untuk diameter yang cukup besar. Material dasar puli hasil pengecoran digolongkan pada besi cor kelabu, yang dihasilkan melalui serangkaian proses peleburan skrap logam *fero* menggunakan tungku jenis kupola. Proses pengecoran dilakukan di Unit Pengecoran Logam Dinas Perindustrian Pekanbaru.

Berdasarkan pengamatan dilapangan, proses pengecoran masih dilakukan secara sederhana yang menerapkan proses berdasarkan pengalaman semata. Sementara aspek-aspek teknis secara teoritis seperti perencanaan saluran tuang belum diterapkan. Hal ini menyebabkan kualitas produk coran yang dihasilkan masih terdapat cacat seperti cacat penyusutan (*shrinkage*), retak, porositi dan lain-lain.



Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian

Penelitian ini membahas tentang perencanaan saluran tuang cetakan pasir untuk salah satu produk coran yang dihasilkan yaitu puli berdiameter 12 inci. Sistem saluran tuang akan dianalisa melalui sebuah simulasi aliran logam cair pada rongga cetakan menggunakan perangkat lunak komputer *ESI ProCast versi 2011.0*. Pada penelitian ini akan dilihat optimalisasi sistem saluran tuang dengan beberapa desain yang akan dibandingkan dengan kondisi awal cetakan.

METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan utama dari penelitian ini adalah mendesain bentuk pola (*patern*) dan rongga cetakan dengan alat bantu perangkat lunak ESI ProCast versi 2011. Setelah didapat desain rongga cetak dilakukan pembuatan cetakan pasir untuk selanjutnya dilakukan proses penuangan logam cair. Langkah-langkah penelitian dilakukan sesuai diagram alir gambar 1.

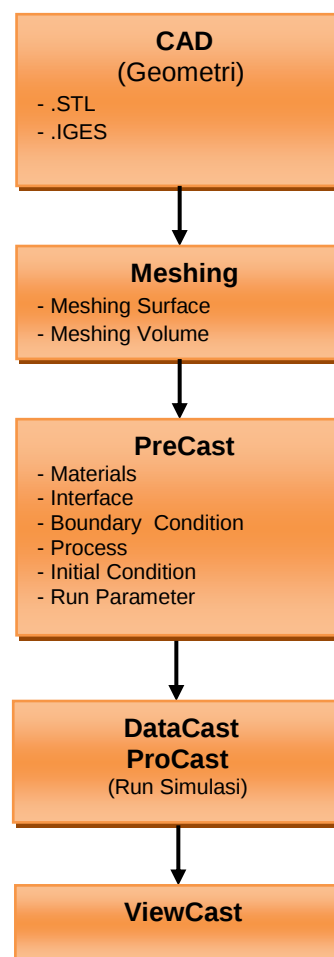
Perencanaan awal sebelum proses pengecoran mutlak dilakukan untuk menghindari terjadinya kegagalan proses produksi maupun terjadinya cacat pengecoran. Dalam penelitian ini dilakukan perencanaan pengecoran puli 12 inci dengan material dasar skrap logam *ferro*. Dimensi produk telah ditentukan berdasarkan ukuran standar puli, untuk selanjutnya dibuat saluran tuang pada cetakan pasir. Hasil perencanaan sistem saluran tuang disimulasikan menggunakan *software Pro-cast* untuk melihat prediksi hasil tuangan logam cair.

Tahapan simulasi menggunakan *software ProCast* adalah seperti terlihat pada gambar 2. ProCast merupakan salah satu *software* yang menggunakan metode elemen hingga (FEM). *Software* ini memodelkan perpindahan panas (*heat flow*) pada aliran logam cair. Disamping itu ProCast dapat pula memprediksi mikrostruktur dan kemungkinan cacat produk coran yang terjadi seperti cacat porositas dan penyusutan. Simulasi model sistem saluran tuang pada pengecoran puli 12 inci meliputi analisis distribusi temperatur pada saluran tuang, fraksi padatan selama proses pembekuan, dan *shrinkage*/ porositas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini membahas mengenai proses pengecoran produk besi cor Puli berdiameter 12 inci. Analisa terhadap proses solidifikasi logam cair pada cetakan pasir menggunakan alat bantu perangkat lunak ESI ProCast Versi 2011.0.



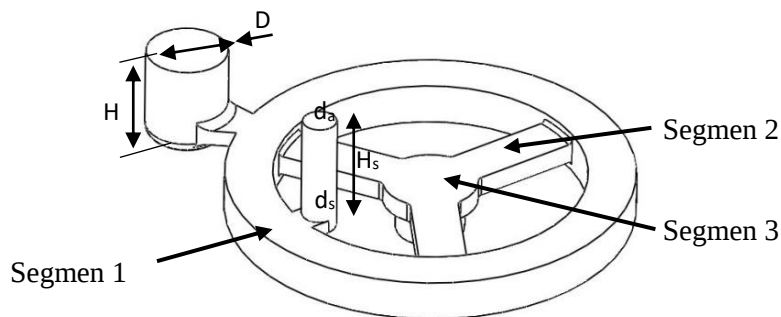
Gambar 2. Diagram alir simulasi ProCast

Perangkat lunak ini digunakan untuk mensimulasikan kondisi logam cair tuangan di dalam cetakan. Dari hasil simulasi diharapkan dapat dilihat distribusi temperatur saat proses pembekuan dan prediksi terjadinya cacat shrinkage pada produk cor. Desain model yang disimulasikan mengikuti desain awal pengecoran yang dilakukan di unit pengecoran logam Dinas Perindustrian Provinsi Riau. Selanjutnya akan ditinjau pula desain pengecoran berdasarkan teori yang ada.

Dari keterangan di lapangan desain pengecoran lebih mengacu pada pengalaman para pekerja di unit tersebut. Keterbatasan sumber daya manusia menyebabkan tidak memungkinkannya proses pengecoran mengacu pada penggunaan teknologi perangkat lunak komputer yang moderen. Sehingga hasil pengecoran tidak dapat diprediksi apakah akan menghasilkan produk yang baik atau tidak. Dengan menggunakan simulasi komputer hasil pengecoran akan dapat diprediksi dan dilakukan perbaikan untuk mengurangi cacat-cacat yang terjadi sehingga dapat menghemat biaya dan waktu. Dari rangkaian kegiatan penelitian tersebut, diperoleh hasil sebagai berikut:

Desain Saluran Tuang Puli

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran dimensi produk cor puli di lapangan seperti tercantum pada tabel 1, untuk kemudian ukuran geometri tersebut diterjemahkan kedalam bentuk gambar teknik dengan perangkat lunak *Computer-Aided Design (CAD)*. Geometri utama yang berpengaruh terhadap cacat shrinkage adalah riser. Kemampuan riser untuk mensuplai logam cair pada penyusutan benda cor pada saat pembekuan akan berpengaruh terhadap terjadinya cacat *shrinkage*. Selain itu juga akan diamati desain sprue pada proses pengecoran ini. Dari tabel 1 dapat dilihat perbandingan desain riser dan sprue antara desain awal oleh unit pengecoran departemen perindustrian provinsi Riau dan desain hasil perhitungan.



Gambar 3. Model pengecoran puli 12 in

Perhitungan dimensi riser menghasilkan ukuran riser yang lebih tinggi dari desain awalnya, dengan diameter lebih kecil. Volume riser hasil perhitungan ulang sebesar 122 cm^3 menjadi lebih kecil dibandingkan volume riser awal sebesar 175 cm^3 . Namun luas permukaan riser awal yang lebih besar dapat menyebabkan tekanan fluida pada riser lebih kecil dibandingkan desain hasil perhitungan, sehingga suplai logam cair untuk penyusutan tidak tercapai.

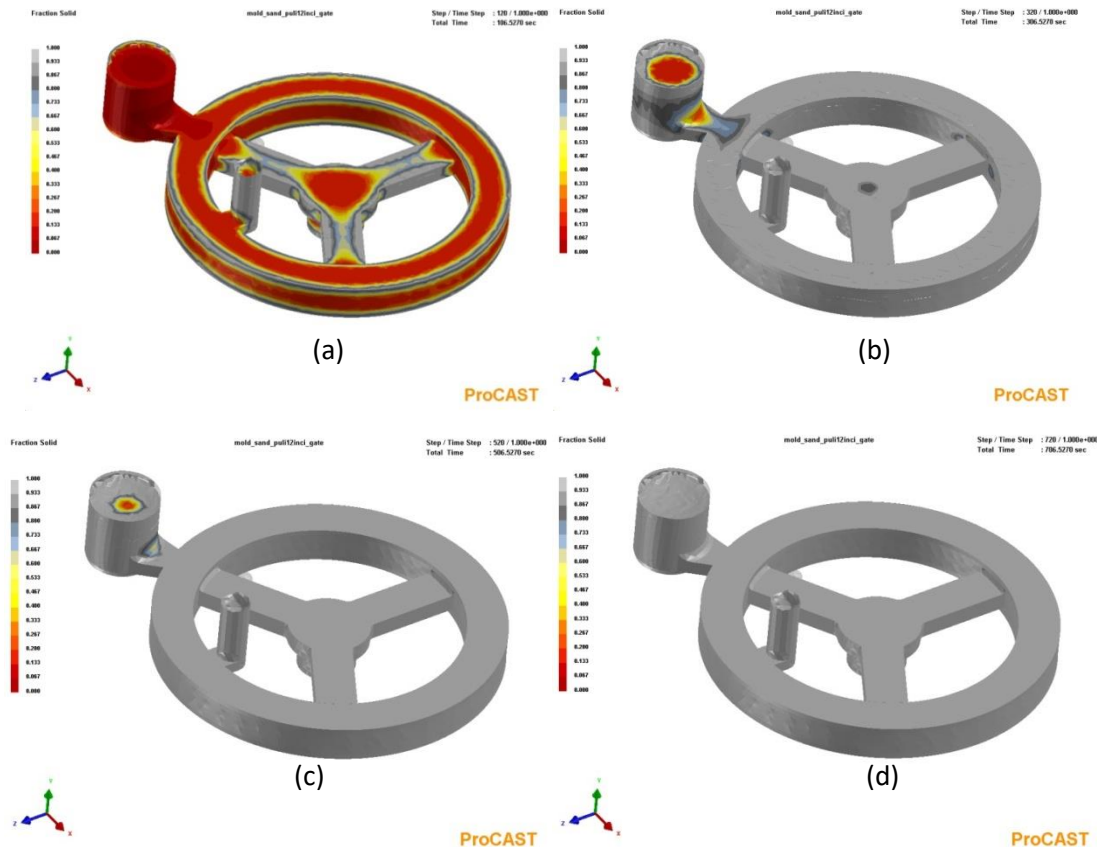
Hasil Simulasi

Tampilan hasil simulasi berupa visualisasi fraksi padatan yang terbentuk, distribusi temperatur solidifikasi, lokasi dan prosentase *shrinkage*, serta distribusi waktu solidifikasi. Perangkat lunak untuk menampilkan

hasil simulasi menggunakan Visual Cast 6.6, dengan hasil sebagai berikut;

1. Fraksi padatan pada proses pembekuan

Fraksi solid yang terbentuk dinyatakan dalam skala 0 hingga 1, dimana indikasi warna pada skala 1 menunjukkan pembekuan telah sempurna. Pada gambar 4. a, memperlihatkan fraksi solid terbentuk dimulai dari segmen 2 puli, untuk selanjutnya fraksi solid terbentuk pada segmen 3 dan 1, seperti terlihat pada gambar (b). Akhir dari terbentuknya fraksi terjadi pada raiser, tunjukkan gambar (c), hingga akhirnya fraksi solid merata dengan nilai skala 1, seperti terlihat pada gambar (d).



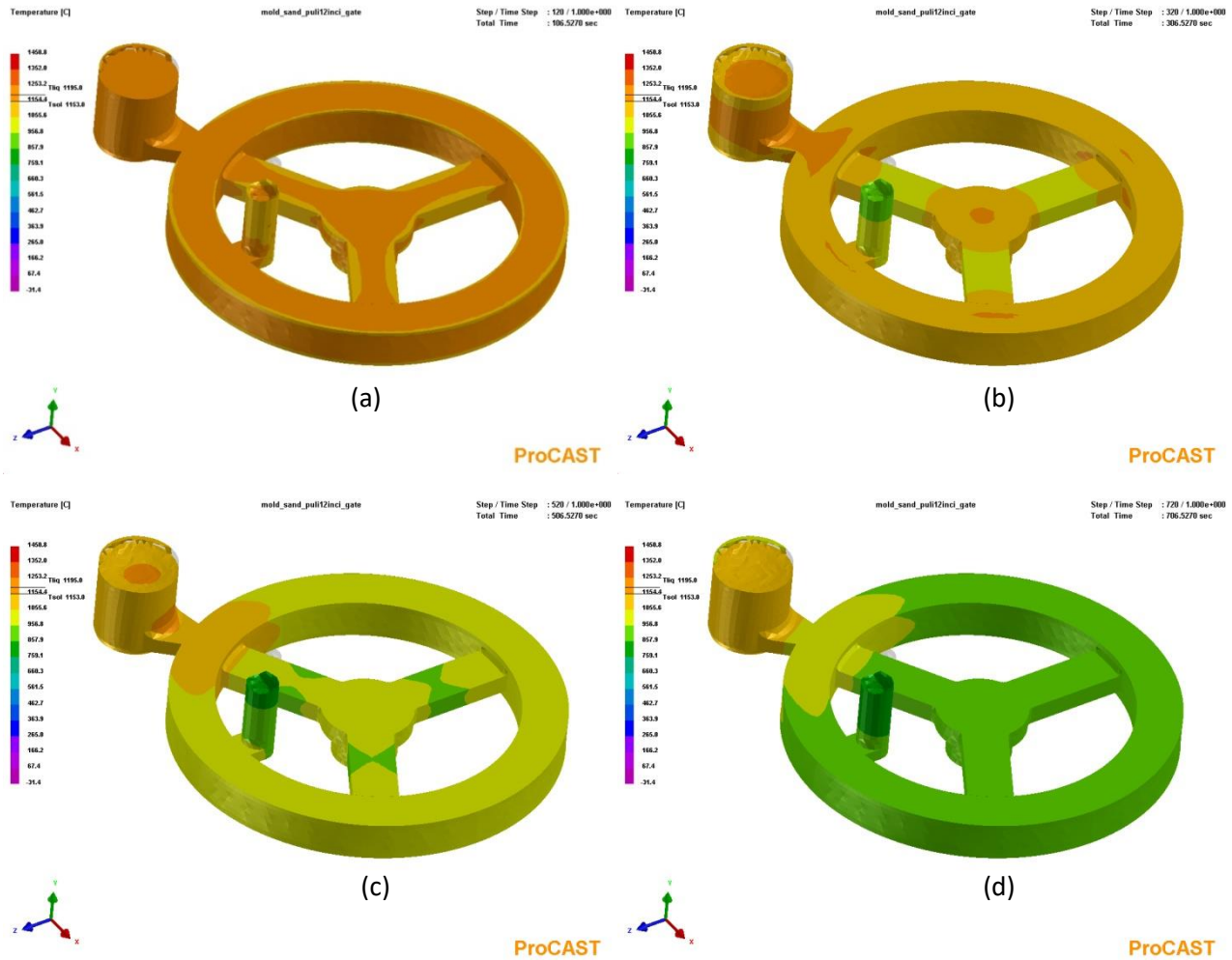
Gambar 4. Distribusi fraksi padatan yang terbentuk (a) 100 detik, (b) 300 detik, (c) 500 detik, (d) 700 detik

2. Distribusi temperatur selama pembekuan

Distribusi temperatur logam tuang selama proses solidifikasi terlihat pada gambar 5. Procast menampilkan distribusi temperatur berdasarkan pengelompokan warna. Pada bar warna disebelah kiri gambar hasil simulasi, juga ditampilkan Temperatur liquidus ($T_{liq} = 1195^{\circ}\text{C}$) dan Temperatur solidifikasi ($T_{sol} = 1153^{\circ}\text{C}$). Temperatur liquidus maupun solidus menunjukkan batas mulai terjadinya fasa cair ketika proses pencairan dan fasa padat ketika proses pembekuan.

Dalam simulasi ini input kondisi batas temperatur pembekuan hanya sampai pada 500°C ,

untuk menghemat waktu iterasi, dengan asumsi dibawah temperatur tersebut shrinkage sudah tidak terbentuk lagi karena produk sudah menjadi fasa padat. Pada gambar 5. (a) sudah terlihat pada sprue dan pinggiran segmen 2 berwarna coklat muda, yang menunjukkan temperaturnya 1055°C , atau bagian ini mulai terjadi pembekuan. Selanjutnya pada gambar (b), (c) dan (d), temperatur pada setiap segmen logam tuang terus turun hingga 740°C . Bagian riser merupakan bagian yang terakhir mengalami penurunan temperatur.

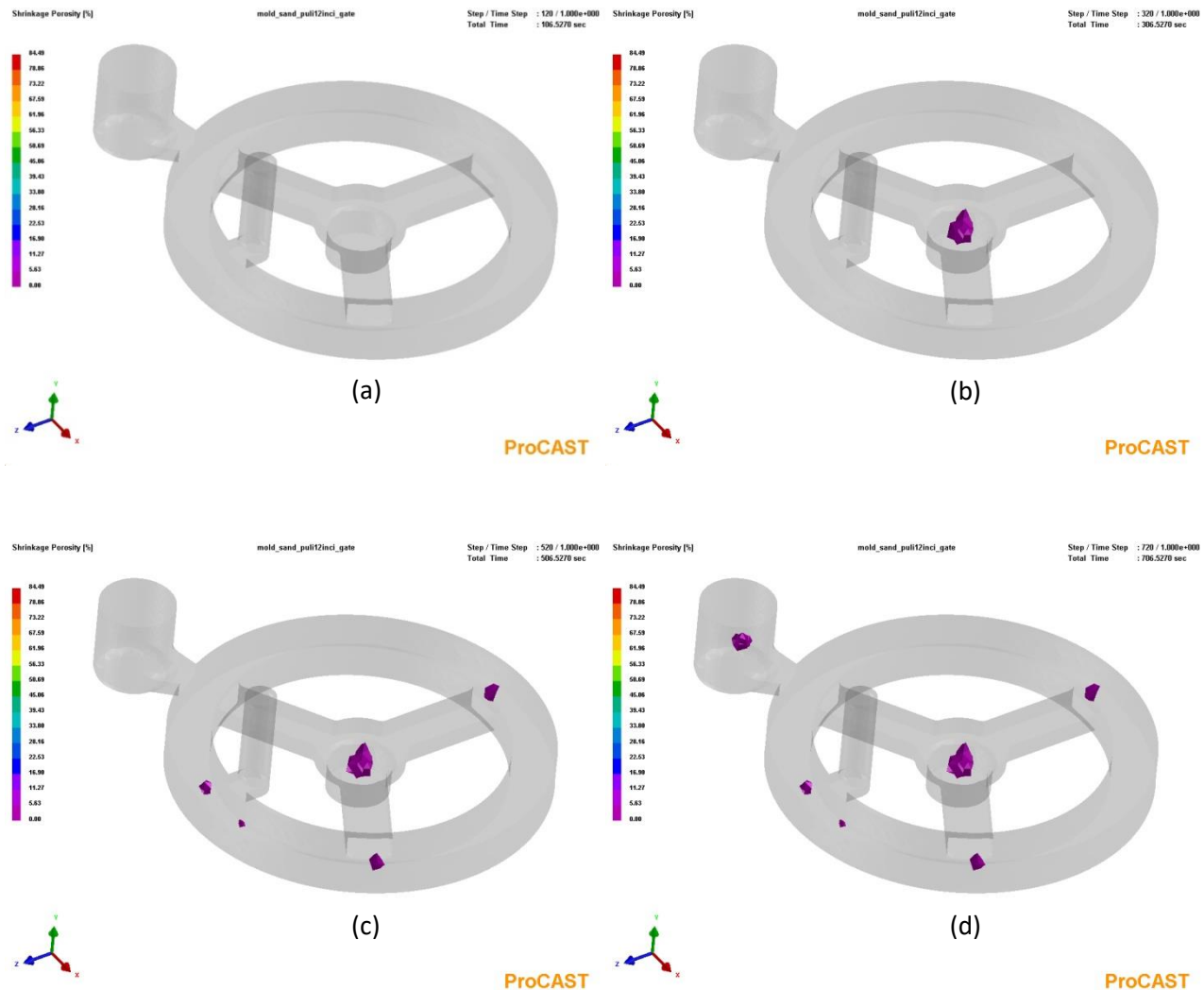


Gambar 5. Distribusi temperatur logam tuang pada proses pembekuan (a) 100 detik, (b) 300 detik, (c) 500 detik, (d) 700 detik

3. Prosentase *shrinkage* pada proses pembekuan

Gambar 6. di atas memperlihatkan terbentuknya cacat shrinkage pada logam tuang selama proses pembekuan. Cacat shrinkage yang terbentuk dinyatakan dalam tampilan warna sesuai dengan jumlah prosentasenya terhadap total volume logam tuang. Jumlah cacat pada shrinkage yang terbentuk maksimal sebesar 5,63%. Cacat mulai terbentuk pada detik ke 300 proses pembekuan yaitu di segmen 1, seperti terlihat

pada gambar (b). Kondisi ini terjadi karena riser tidak dapat mensuplai penyusutan pada segmen 1, akibat pada segmen 2 telah membeku terlebih dahulu, yang menghalangi suplai logam cair. Selanjutnya shrinkage juga terbentuk pada segmen 3 yang relatif jauh posisinya dari jangkauan riser, seperti terlihat pada gambar (c) dan (d).

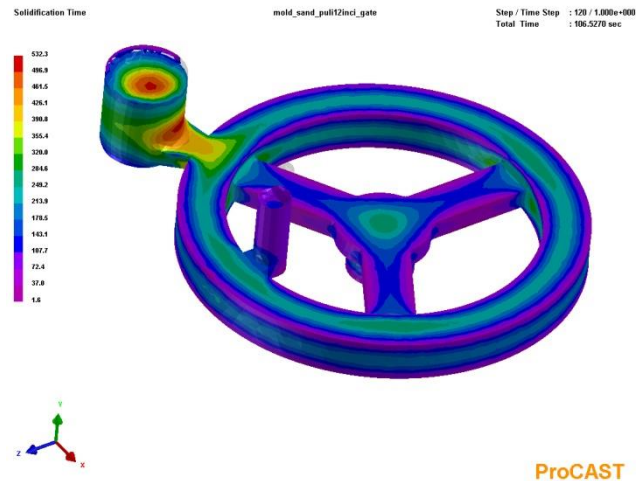


Gambar 6. Distribusi cacat shrinkage pada logam tuang selama pembekuan (a) 100 detik, (b) 300 detik, (c) 500 detik, (d) 700 detik

4. Waktu solidifikasi

Pada tampilan hasil simulasi procast berupa distribusi waktu solidifikasi, hanya ditampilkan bagian-bagian dari logam tuang berdasarkan warna dan lama waktu pembekuannya. Waktu pembekuan terjadi dalam rentang waktu 1,6 hingga 532 detik. Bagian yang memiliki waktu paling singkat membeku adalah

bagaian sprue dan pinggiran segmen 2 yang ditunjukkan dengan warna ungu, yaitu 1,6 detik. Sedangkan bagian yang mengalami pembekuan palaing akhir adalah pada bagian puncak riser dan leher riser (*riser neck*), dengan lama pembekuan sebesar 532 detik.



Gambar 7. Distribusi lamanya proses pembekuan pada produk cor.

KESIMPULAN

Dari langkah-langkah penelitian yang telah dilakukan maka ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Tahapan pembekuan berdasarkan perhitungan sistem saluran tuang berdasarkan metode Modulus benda tuang, bagian segmen 1 memiliki modulus terbesar dan segmen 3 memiliki modulus paling kecil, sehingga peletakkan posisi riser sudah tepat pada segmen dengan nilai modulus tertinggi. Namun dimesi riser desain sebelumnya tidak sesuai berdasarkan perhitungan yang dilakukan.

Merujuk pada hasil simulasi pengecoran logam menggunakan perangkat lunak Procast, dapat diprediksi, fraksi solid terbentuk pertama kali pada bagian segmen 2. Hal ini ditunjukkan pada visualisasi hasil simulasi fraksi solid dimana temperatur pada segmen ini juga mengalami pembekuan paling awal dibandingkan bagian lainnya dari logam tuang. Urutan pembekuan yang terjadi dimulai dari segmen 2, kemudian segmen 3, selanjutnya segmen 1 dan yang paling akhir adalah riser.

Simulasi juga memvisualisasikan shrinkage pertama kali terbentuk pada segmen 3, hal ini disebabkan terjadinya pembekuan lebih cepat pada segmen 2 dibandingkan segmen 3, sehingga suplai logam cair dari riser terhalang menuju segmen 3. Selain itu jarak yang relatif jauh antara riser dengan segmen 3 dan bagian lainnya juga dapat menyebabkan terbentuknya cacat shrinkage tersebut.

Desain awal sistem saluran tuang tidak maksimal untuk mengatasi cacat shrinkage yang terjadi, untuk itu perlu dilakukan perbaikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan. Untuk mengatasi cacat shrinkage pada segmen 3, perlu dilakukan penambahan riser yang ditempatkan diatas bagian tersebut, sehingga suplai logam cair untuk penyusutan yang tidak dapat dilakukan riser pertama akibat pembekuan pada segmen 2 dapat teratasi.

DAFTAR ACUAN

- Abrianto A (2010), “Teknik Pengecoran Dan Peleburan Logam”, Unjani Bandung
- ASM International (2009), “Casting Design and Performance”,
www.asminternational.org (hal.11 Fig.2)
- ESI ProCast 2011.0 (2011), “Tutorials version 2011”, www.esi-group.com
- Surdia T, Chijiwa K (1980), “*Teknik Pengecoran Logam*”, PT. Pradnya Paramita Jakarta.
- http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/Tiwan/Cacat_coran_dan_pencegahannya.pdf