

Simulasi Saluran Tuang pada Produk *Van Belt Pulley* Tipe Jari Ø 24” dalam Mengatasi Kejadian Cacat Coran, Penentuan Waktu Baku Produksi dan Penetapan Ukuran Toleransi antara Lubang-Porus

Lobes Herdiman¹⁾, Rizqi Fadhlillah²⁾, Kemal Fachriansyah²⁾, Maulana Ichwan Anshory²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

²⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

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

Email: lobesh@gmail.com¹⁾, rizqifdh@gmail.com²⁾

ABSTRAK

Pada paper ini membahas sistem saluran tuang untuk pengecoran logam dari produk *cast iron*. Sistem saluran tuang memegang peran penting terhadap kualitas hasil coran dan waktu pendinginan logam. Kejadian cacat coran dapat diakibatkan oleh rancangan sistem saluran tuang yang kurang tepat dan pada akhirnya menimbulkan produk cacat. Masalah yang selalu dihadapi pada produk coran *v-belt pulley* tipe jari adalah pola cetakan tidak terisi keseluruhan atau *misrun*. Kondisi ini sejak awal dapat diatasi melalui penggunaan *software* simulasi dalam merencanakan sistem saluran tuang yang tepat. Analisis pada saat pengisian cairan ke dalam rongga cetakan meliputi cepat rambat aliran cairan logam, temperatur cairan logam mengalir dalam cetakan, dan aliran cairan logam masuk ke dalam cetakan. Hasil *software* simulasi ini dapat menjelaskan kejadian awal dari cacat coran dan menjelaskan berapa lama untuk waktu proses pendinginan logam dibutuhkan. Waktu baku pembuatan *pulley* diperoleh selama 2,14 jam dan berdasarkan ketetapan ISO untuk rancangan antara lubang-porus adalah Ø85H6/p6.

Kata kunci: Sistem saluran tuang, *software* simulasi, *v-belt pulley*, cacat coran, waktu baku, ISO

1. Pendahuluan

Produk logam yang dibuat melalui proses pengecoran dengan menggunakan pasir cetak, tentunya memerlukan beberapa tahapan proses mulai dari satu aktivitas ke aktivitas selanjutnya. Tahapan proses ini saling memberikan kontribusi bagi tercapainya kualitas produk agar sesuai syarat yang diminta konsumen. Pemakaian pasir cetak sebagai bahan cetakan dalam pembuatan logam cor karena murah dan ketahanan pada temperatur tinggi (Campbell, 2015). Disisi lain, keberhasilan dalam membuat logam cor memerlukan pengendalian yang tepat dari berbagai aspek. Pembentukan logam cor harus senantiasa memperhatikan mulai dari penggunaan bahan untuk paduan, desain cetakan, metode pembuatan cetakan dan berbagai parameter lainnya. Penentuan kualitas hasil logam cor dari sejak awal sudah ditetapkan dalam perencanaan coran meliputi perencanaan aliran logam cair yang masuk ke dalam rongga cetakan, sistem saluran tuang (*gating system*), laju pendinginan dan pengaruh perubahan suhu (CustomPart.Net., 2017). Saling berkaitnya proses satu dengan yang lain, sehingga selalu menjadi penyebab sulitnya untuk memperkirakan bagaimana untuk pemecahan masalah akibat munculnya cacat coran.

Di industri pengecoran logam maju sudah menggunakan tanur listrik induksi, masih juga ditemukan produk gagal coran. Menurut Rao (2007) menjelaskan bahwa kontribusi penyebab produk gagal coran dapat diakibatkan beberapa hal meliputi kecepatan tuang, temperatur cairan logam, lamanya waktu penuangan, dan desain cetakan. Produk gagal coran dapat dilihat seperti munculnya lubang-lubang (porus) pada logam, tidak terisinya keseluruhan cetakan (*misrun*), cairan logam yang terlalu cepat mengering dan masalah lainnya. Pada paper ini merujuk pada produk coran logam yang dijadikan objek analisis yaitu produk *van belt pulley* tipe jari atau *pulley* dengan sabuk jenis V atau secara umumnya disingkat *pulley*. Munculnya gagal coran

pada produk *pulley* disebabkan tidak terisinya keseluruhan cetakan, sehingga menimbulkan cacat produk seperti cacat retak dan cacat lubang. Hasil observasi bahwa penyebab muncul cacat coran pada *pulley* dikarenakan desain saluran masuk untuk aliran cairan logam ke dalam cetakan. Kejadian cacat coran ini menyebabkan meningkatnya waktu yang diperlukan dalam pembuatan *pulley* menjadi kurang efisien untuk pembuatan produk tersebut.

Menurut Sharma (2014), maksud dari produk *pulley* atau dikenal dengan sebutan *sheave* atau *drum* adalah sebuah mekanisme penggerak yang terdiri dari roda pada poros yang memiliki alur atau lekukan antara dua *flens* keliling lingkaran. Mekanisme penggerak dapat menggunakan tali, kabel, sabuk yang digerakan di atas roda dan di dalam alur atau lekukan. Penggunaan penggerak *v-belt* untuk mengubah arah dari gaya yang diterapkan, mengirimkan gerak rotasi dalam bentuk gerak linier atau atau sistem gerak rotasi. *Pulley* berfungsi sebagai elemen mesin yang berperan dalam transmisi gerak linier (Jadon dan Verma, 2010). Proses pembuatan produk ini melibatkan banyak operasi mulai dari pengecoran sampai operasi pemesinan. Pada tahap *finishing* merupakan proses pemesinan untuk membuat alur atau lekukan antara lingkaran *pully* agar dapat dibuat dudukan *v-belt* dan pembuatan lubang *pulley* untuk penempatan poros penggerak pada saat dipasang dengan komponen lainnya.

Produk *pulley* dibuat dengan cara dicor menggunakan pasir cetak dengan tambahan bahan *plaster*, lempung atau bahan tahan api lainnya dengan ketentuan harus mempunyai sifat efektif dan efisien. Pasir cetak yang dipakai adalah *greensand* merupakan komposisi beberapa campuran bahan yang meliputi pasir silika (SiO_2), pasir kromit (FeCr_2O_4) atau pasir *zirkon* (ZrSiO_4) sebanyak 75 sampai 85%, ada kalanya menggunakan grafit *bentonit* atau tanah liat kalau diperlukan sebanyak 5 sampai 11%, dan air sebanyak 2 sampai 4%. Beberapa hal lain yang harus diperhatikan dalam membuat produk coran selain hal yang telah disebutkan sebelumnya meliputi panjang, lebar, tebal, luas, dan volume (Sharma, 2014). Hal ini dilakukan agar produk yang akan dibuat tidak terjadi cacat coran dalam jumlah banyak dan mengalami pemborosan waktu pembuatan produk.

Sedangkan sistem saluran pada proses pengecoran ini menerapkan satu sistem dari tiga jenis sistem yaitu *top gating*, *bottom gating* dan *parting line gating*. Saluran masuk biasanya ditempatkan pada permukaan pisah cetakan, tetapi untuk pembuatan *pulley* menerapkan sistem *top gating* yang diletakan di atas permukaan cetakan. Rancangan ini bertujuan agar kecepatan alir cairan menurun saat cairan memasuki rongga cetakan. Pada saat kecepatan alir turun, terak dengan massa jenis lebih kecil dibanding cairan logam akan mempunyai kesempatan untuk memisahkan diri dan naik ke permukaan cairan (Sen, 2006).

Pada paper ini diharapkan memberikan gambaran mengenai perencanaan dari sistem saluran tuang dalam mengalirkan cairan logam ke dalam rongga cetakan, khususnya dalam pembuatan produk *pulley* tipe jari. Alasan menggunakan *software* simulasi *click2cast* dalam perencanaan saluran tuang bahwa semua langkah sudah tersedia lengkap untuk setiap kebutuhan operasi perancangan, sehingga desainer dapat mensimulasikan pengecoran sesuai perspektif proses yang diinginkan. Peninjauan berdasarkan pada perspektif proses yaitu untuk menegaskan perihal informasi dari penggunaan bahan, paduan dan logam cair, kondisi produksi dan proses *finishing* datang secara bersamaan.

Input proses dalam produksi juga harus jelas dan lengkap meliputi geometri, desain *gating system*, *rising* dan perkakas lainnya, waktu pemadatan logam dan proses *finishing* seperti perlakuan panas dan pemesinan. Memungkinkan *desainer* untuk mendapatkan gambaran informasi lengkap dari proses manufaktur yang akan disimulasikan. Sedangkan, keperluan analisis dari performa sistem saluran tuang yang diusulkan pada kasus ini dengan cara membandingkan sistem saluran tuang sebelumnya. Sistem saluran tuang pada paper ini dibatasi berupa saluran masuk tunggal dengan penempatan saluran masuk tipe *top gating* yang diletakan di atas cetakan, di mana cairan logam dari *ladle* mengalir langsung masuk ke rongga cetakan.

Informasi untuk *input* simulasi ini ditentukan per satuan waktu selama proses penuangan selama 0,1 detik dan keseluruhan waktu simulasi adalah 10 menit. Perubahan temperatur dicatat sebanyak 60 *frame* (per 1 menit) dan dilakukan analisis. Temperatur cairan logam masuk ke dalam cetakan berkisar 1290 °C sd. 1300 °C dengan kecepatan penuangan adalah 30 m/detik. Konvektif koefisien perpindahan panas sebesar $5 \text{ Wm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Hasil simulasi dari lamanya waktu pendinginan logam dapat digunakan dalam menentukan waktu baku. Proses *finishing* melalui pemesinan dengan menentukan ukuran toleransi pada lubang-poros untuk proses tersebut.

2. Metodologi

Metodologi dimulai dengan mengumpulkan data cacat coran dari produk *v-belt pulley* tipe jari $\text{Ø } 24''$. Pengambilan data produk diambil mulai dari dimensi ukuran pasir cetak, pengukuran dilakukan secara manual menggunakan penggaris, busur dan penggaris siku. Data teknis dari ukuran ini digunakan untuk membuat model 3D simulasi menggunakan *software click2cast*. Cacat coran selanjutnya diamati dan di analisis agar dapat disimulasikan. Simulasi sistem saluran tuang dirancang secara eksperimental bertujuan untuk dapat memprediksi kejadian cacat coran dari suatu produk didasarkan pada perilaku temperatur penuangan cairan logam. Penentuan waktu baku diperoleh setelah waktu proses pendinginan diketahui dan dilanjutkan penentuan ukuran toleransi terhadap lubang-poros untuk *pulley*.

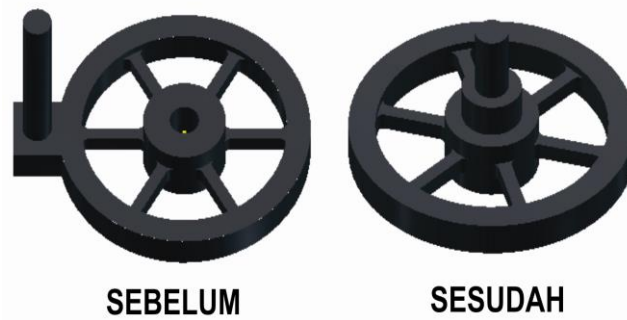
3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum pencetakan dilakukan pembuatan pasir inti dan kotak cetakan. Pasir inti dibuat menggunakan cetakan inti dengan mencampur pasir silika kering dan sodium silika, sedangkan kotak cetakan dibuat dari kayu jati. Ketinggian dan ukuran ketebalan cetakan kayu dibuat sama dengan ukuran dari ketebalan bagian atas, bawah dan pusat lingkaran pada segmen *pulley*.



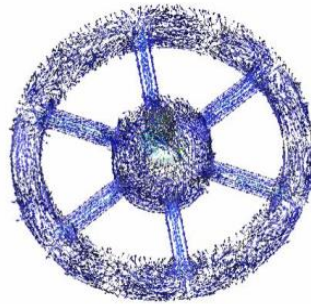
Gambar 1. Pola dan Produk *Pulley* untuk Mesin Pengaduk

Mempertimbangkan rongga cetakan cukup sederhana dan proses penuangan dilakukan secara datar, maka sistem saluran tuang pada proses pembuatan *pulley* menggunakan rancangan sistem *top gating*. Keunggulan sistem ini bahwa arah pembekuan logam dari sisi bawah ke atas untuk mencegah terjadinya pasir cetak mengalami erosi. Sistem *top gating* di mana cairan logam dari cekungan cawan akan mengalir langsung ke rongga cetakan seperti pada Gambar 2.



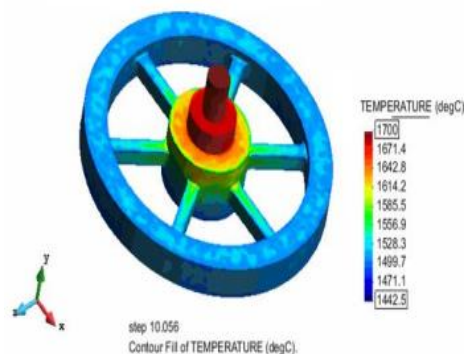
Gambar 2. Desain Cetakan Sebelum dan Sesudah Diperbaiki

Rancangan sistem saluran tuang pada desain cetakan pertama menggunakan aliran pisah karena aliran cairan logam dialirkan secara terpisah antara cetakan dengan saluran turun. Pada desain cetakan kedua bahwa rancangan saluran aliran langsung karena cairan logam dialirkan langsung melalui saluran turun. Hasil simulasi menggunakan *software click2cast* untuk cepat rambat cairan logam pada desain cetakan ke dua menunjukkan bahwa pola aliran mengalir secara serentak dan seragam. Kecepatan aliran dengan sistem *top gating* menunjukkan aliran yang konstan dengan gerakan aliran rotasional pada bagian pinggiran lingkaran luar. Waktu pengisian cairan dalam cetakan pasir memerlukan waktu selama 10 detik.



Gambar 4. Simulasi Cepat Rambat Aliran Cairan Logam pada Pembuatan *Pulley*

Sebaran panas dari temperatur cairan logam pada saat selesai menuangkan cairan ke dalam cetakan dengan waktu sekitar 10 detik. Temperatur cairan coran telah tersebar secara merata dan tidak ada bagian-bagian yang terlalu cepat membeku yang menimbulkan kejadian cacat coran. Hal ini dapat dilihat dari warna biru muda yang menyebar ke semua sisi cetakan seperti pada Gambar 5. Pada *in gate* atau saluran masuk cairan dapat dilihat warna merah, artinya bagian tersebut temperatur cairan masih tinggi.



Gambar 5. Simulasi Temperatur Cairan Logam Mengalir dalam Cetakan

Aliran cairan logam dengan sistem *top gating* bertujuan agar terjadinya solidifikasi mulai dari permukaan cetakan logam ke arah cairan logam dan selalu tersedia logam cair cadangan untuk memenuhi kekurangan cairan akibat penyusutan. Cairan logam akan mengalir melalui jari-jari tengah *pulley* dan diatur sedemikian hingga terjadi solidifikasi secara terarah pada saat cairan mengisi dasar cetakan. Kemudian menyebar secara merata ke seluruh bagian *pulley*.



Gambar 6. Simulasi Aliran Cairan Logam Masuk ke dalam Cetakan

Hasil simulasi untuk aliran cairan logam menunjukkan bahwa tidak ada bagian dari cetakan yang tidak terisi, sehingga tidak menimbulkan potensi cacat coran. Aliran cairan logam mengalir memasuki semua rongga cetakan mulai dari dasar cetakan dengan meminimalkan kemungkinan turbulensi pada aliran cairan logam di dalam cetakan. Pada desain cetakan kedua diharapkan jumlah produksi *pulley* yang dibuat per hari dapat lebih cepat.



Gambar 7. Produk *Pulley* untuk Pengerak Mesin Pengaduk
Sumber : CV. XYZ, 2016

Waktu baku pada rancangan saluran tuang ke dua dapat ditentukan berdasarkan waktu selesainya pembauatn produk coran. Waktu cor merupakan waktu yang diperlukan untuk mengisi rongga cetak sampai penuh. Waktu cor secara praktis harus dibawah waktu cor teoritis, karena proses penuangan harus selesai sebelum pengkristalan dimulai pada suhu liquid. Hal ini jadi dasar perhitungan waktu baku dan dilanjutkan dengan menentukan berapa jumlah produk yang dihasilkan seperti dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan Waktu Baku Proses Pembuatan *Pulley*

Tahapan Proses	Waktu Baku (detik)
Persiapan <i>lining</i>	1440
<i>Set up</i> tanur	1220
Peleburan bahan baku	3600
Memindahkan hasil peleburan ke ladell utama	834
Penuangan cairan logam ke cetakan dengan ladell pengalir	18
Mendinginkan hasil cetakan	600
Total Waktu :	7712

Hasil perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk membuat *pulley* untuk sekali proses yaitu 7712 detik atau 2,14 jam. Jika, CV. XYZ memakai 3 cetakan dalam sekali proses cor dan waktu kerja selama 30 jam per minggu, maka banyak *pulley* yang dapat dikerjakan yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah produk yang diproduksi} &= (\text{Total jam dalam sehari} / \text{waktu baku produk}) \times \text{Jumlah} \\ &\quad \text{cetakan dalam sekali proses pengecoran} \\ &= (30 / 2,14) \times 3 = 42,06 \text{ atau } 42 \text{ produk per minggu} \end{aligned}$$

Setelah melalui proses *finishing*, diharapkan produk *pulley* harus memiliki ukuran sesuai toleransi yang sudah ditetapkan permintaan. Rancangan toleransi antara lubang-poros melalui penetapan ukuran atas kelonggaran yaitu $\text{Ø}85\text{H}6/\text{p}6$, di mana ukuran poros lebih besar dari ukuran lubang. Pada sistem lubang; poros dan kelonggaran disesuaikan menurut dasar pada lubang. Jadi, ukuran toleransi $\text{Ø}85\text{H}6/\text{p}6$ yang dimaksud adalah lubang dengan lingkaran diameter 85 mm dengan kesesuaian paksa atau celah antara lubang dan poros dibuat sangat sempit, seperti dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kesesuaian Lubang-Poros pada *Pulley*

Ukuran Lubang (mm)		Ukuran Poros (mm)		Kesesakan (mm)		Kesesakan Rata-Rata (F_r)
Maksimum (D_{maks})	Minimum (D_{min})	Maksimum (d_{maks})	Minimum (d_{min})	Maksimum (F_{maks})	Minimum (F_{min})	
85.022	85	85,059	85,037	0,059	0,015	0,037

Dalam pemenuhan ketentuan syarat ISO (*International Organization for Standardization*) pada lubang-poros untuk produk *pulley*, di mana daerah toleransi disesuaikan dengan garis nol untuk setiap ukuran dasar kesesuaian seperti dijelaskan pada Gambar 8.

Suaian	Paksa	Paksa
Simbol suaian	$\text{Ø} 85 \text{ H}6 / \text{p}6$	$\text{Ø} 85 \text{ H}6 / \text{p}6$
Diameter	L	P
+50		
+40		
+30		
+20		
+10		
0		
Ukuran Nominal	85	85
Penyimpangan atas	0.022	0.059
Penyimpangan bawah	0	0.037
Ukuran maksimum	85.022	85.059
Ukuran minimum	85	85.037
Toleransi	0.022	0.022
Kesesakan maksimum	0.059	
Kesesakan minimum	0.015	
Kesesakan rata-rata	0.037	

Gambar 8. Batas Kelonggaran untuk Diameter Lubang Pasang pada *Pulley*

4. Simpulan

Penggunaan *software click2cast* dalam merancang saluran tuang dengan sistem *top gating* pada produk *pulley* menunjukkan aliran cairan logam yang masuk ke rongga cetakan dapat diketahui secara jelas. Kejadian potensi atas terjadinya cacat produk dapat diprediksi dan lamanya waktu pendinginan dapat diestimasi. Waktu baku selama pembuatan *pulley* memerlukan

waktu selama 2,14 jam atau 42 produk per minggu. Perencanaan lubang-poros menurut ketentuan ISO pada *pulley* yaitu Ø85H6/p6 dengan celah sangat sempit.

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.
- CustomPart.Net. (2017). *Sand Casting*. <http://www.custompartnet.com/wu/SandCasting>. Di unduh pada 29 Maret 2017.
- CV. XYZ, *Industri Pengecoran Logam & Permesinan*. Metal Foundry–Machinery–General Trading. <https://ngawanggamitramulia.wordpress.com/industri-pengecor-an-logam-permesinan/>. Di unduh pada 29 Maret 2017.
- Jadon, V.K. dan Verma, S. (2010). *Analysis and Design of Machine Elements*. ed. 10. I K International Publishing House, New Delhi, India.
- Rao, R.V.T. (2007). *Metal Casting - Principles and Practice*. New Age International Publishers, New Delhi, India.
- Sen, M. (2006). *Basic Mechanical Engineering*. Firewall Media Publication, New Delhi, India.
- Sharma, P.C. (2014). *A Textbook of Production Technology (Manufacturing Processes)*, ed. 8, S. Chand Publishing, New Delhi, India.
- 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.