

# Simulasi *Transient Thermal* Pada Pengecoran *Connecting Rod* Berbahan Aluminium 7075 untuk Aplikasi Mesin 150 CC dengan Variasi Material dan Desain Cetakan Menggunakan Metode Elemen Hingga

Muhammad Puri Yogatama, Mas Irfan Purbawanto Hidayat, dan Mavindra Ramadhani  
Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail*: irfan@mat-eng.its.ac.id

**Abstrak**—*Connecting rod* merupakan komponen yang penting pada sebuah kendaraan. Pembuatan *connecting rod* dilakukan dengan pengecoran. Dalam proses pengecoran terdapat banyak fenomena tidak dapat dikontrol secara langsung seperti distribusi temperatur, tegangan termal. Oleh karena itu digunakan ANSYS Mechanical Workbench untuk memprediksi fenomena dalam proses pengecoran. Menggunakan cetakan pasir silika untuk cetakan pasir dan besi cor kelabu sebagai *permanent mold*. Material yang digunakan untuk coran adalah aluminium alloy 7075. Pada simulasi ini menganalisa distribusi temperatur pada saat pendinginan dan tegangan termal, setelah simulasi didapatkan hasil bahwa kecepatan pendinginannya cetakan besi cor kelabu untuk mencapai temperatur minimum 30°C lebih tinggi daripada cetakan pasir yaitu sebesar 36,64 detik untuk model 1 dan 34,64 detik untuk model 2 dibanding cetakan pasir sebesar 44,766 detik untuk model 1 dan 45,334 detik untuk model 2 detik dan tegangan termal pada material besi cor kelabu lebih besar daripada cetakan pasir yaitu tegangan termal tertinggi maksimum pada model 1 cetakan besi cor kelabu sebesar 1,5541e+015 pa dan terendah pada model 2 cetakan pasir sebesar 6,0414e+014 pa

**Kata Kunci**—Aluminium 7075, Besi Cor Kelabu, *Connecting Rod*, Pasir Silika

## I. PENDAHULUAN

**C**ONNECTING *rod* adalah komponen mesin berfungsi meneruskan gaya dari piston menuju *crankshaft* yang akan diteruskan sistem gear sampai dapat menggerakkan roda. *Connecting rod* dapat dibuat dengan berbagai metode seperti forging (penempaan) dan casting (pengecoran). Dalam memilih metode pembuatan *connecting rod* dibutuhkan banyak pertimbangan seperti biaya pembuatan hingga material. Pembuatan *connecting rod* berdasarkan sifat mekanik, berat dan biaya. Mesin yang membutuhkan kinerja tinggi *connecting rod* dibuat dengan cara penempaan. *Connecting rod* tempa memberikan sifat mekanik yang tinggi yang mampu menahan beban tinggi. Mobil berkecepatan tinggi semuanya menggunakan *connecting rod* dengan cara penempaan. Sedangkan *connecting rod* dengan pembuatan melalui pengecoran mempunyai sifat mampu mesin yang baik, namun sifat mekanik yang lebih rendah dibandingkan *connecting rod* tempa [1]. Maka *connecting rod* jenis cor digunakan untuk

mesin dengan beban dan kecepatan yang rendah antara lain adalah sepeda motor. Sebagai pertimbangan lain melihat sisi biaya pembuatan dalam manufaktur. Penelitian tentang perbandingan biaya pembuatan *connecting rod* antara proses penempaan dan pengecoran. Disimpulkan bahwa biaya proses pengecoran lebih murah daripada proses penempaan untuk *connecting rod* [2]. Untuk jenis pengecoran yang digunakan berdasarkan jumlah produk memiliki keterkaitan, yaitu biaya pembuatan *connecting rod* dengan jumlah dibawah  $\pm 100$  unit adalah menggunakan pengecoran pasir karena memiliki biaya produksi paling rendah daripada metode pengecoran lain [3]. Material aluminium 7075 juga dapat digunakan untuk pembuatan *connecting rod* mesin kendaraan roda dua, Penelitian tersebut bertujuan mencari alternatif material pengganti selain aluminium 360 yang banyak digunakan [4]. Agar dapat menghemat waktu serta biaya eksperimen dan mencapai hasil yang memuaskan maka digunakan metode elemen hingga agar dapat meningkatkan efisiensi dan menganalisa pengecoran dengan berbagai macam variabel yang berpengaruh pada hasil coran tanpa memakan waktu dan biaya. Dengan metode elemen hingga dapat mengetahui berbagai variabel dan faktor pada pengecoran yang dapat diprediksi sebelum atau sesudah pengecoran seperti laju aliran logam cair, distribusi panas, tegangan termal, penyusutan, kecepatan solidifikasi dan retakan dalam yang dapat diprediksi.

## II. METODOLOGI PENULISAN

Pada penelitian kali ini simulasi *thermal* saat pendinginan *connecting rod* yang bertujuan untuk menganalisa pengaruh dari desain dan material cetakan pada pendinginan *connecting rod* dengan metode elemen hingga. Pada penelitian kali ini digunakan *software* ANSYS MECHANICAL WORKBENCH 16 untuk mencari distribusi temperatur dan tegangan termal saat pendinginan benda cor.

Material cetakan yang digunakan adalah pasir silika dan besi cor kelabu dan desain dari *gating system*nya adalah dengan penempatan letak *sprue* yang berbeda. Untuk bentuk modelnya sesuai dengan Gambar 2 dan Tabel 1 adalah dimensi dari *gating system connecting rod* sedangkan untuk Gambar 3 merupakan

Tabel 1.  
Dimensi *gating system connecting rod*

No	Dimensi	Nilai
1	<i>Sprue height</i>	46.04 mm
2	<i>Choke area</i>	120 mm <sup>2</sup>
3	<i>Top area</i>	426.127 mm <sup>2</sup>
4	<i>Sprue base well area</i>	600 mm <sup>2</sup>
5	<i>Diameter sprue base well</i>	27.646 mm
6	<i>Runner width</i>	11.058 mm
7	<i>Runner height</i>	43.407 mm
8	<i>Ingate width</i>	11.058 mm
9	<i>Ingate height</i>	38.407 mm

Tabel 2.  
Dimensi dari *connecting rod*

No	Dimensi	Nilai
1	T	3.748 mm
2	<i>Length of connecting rod</i>	117.20 mm
3	<i>Inner diameter of small end</i>	14.073 mm
4	<i>Outer diameter of small end</i>	19.065 mm
5	<i>Length of small end</i>	21.653 mm
6	<i>Inner diameter of big end</i>	36.357 mm
7	<i>Outer diameter of big end</i>	46.049 mm
8	<i>Length of big end</i>	23.024 mm
9	<i>Height</i>	18.741 mm
10	<i>Width</i>	14.992 mm
11	<i>Height at the small end</i>	14.055 mm
12	<i>Height at the big end</i>	20.615 mm

gambar teknik dari *connecting rod* dan Tabel 2 merupakan dimensinya.

Adapun dimensi dari *connecting rod* dapat dilihat pada Gambar 1.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

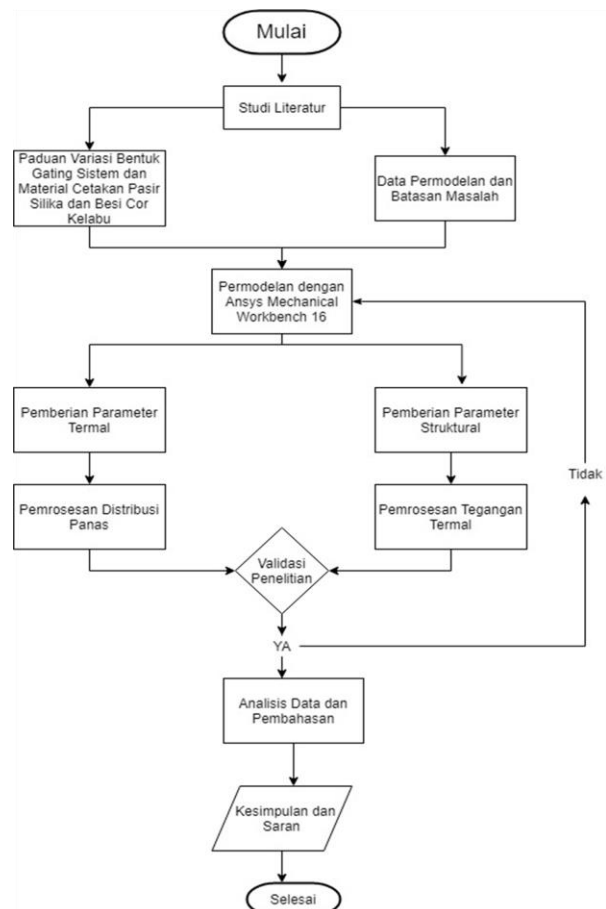
#### A. Analisa Thermal

Pada Analisa termal ini bertujuan untuk mencari distribusi temperature selama proses pembekuan logam cair. Pada Analisa termal ini menganalisa dua *gating system* yang berbeda dengan setiap *gating system* mempunyai material cetakan yang berbeda yaitu pasir silika dan satu lagi besi cor kelabu. Dan material coran adalah aluminium 7075 yang sudah memadat

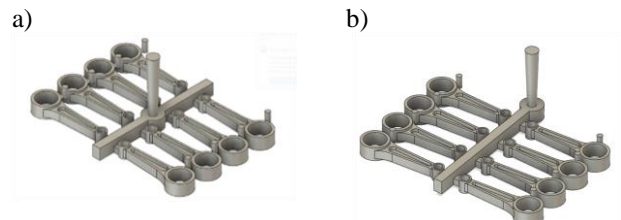
##### 1) Distribusi Temperatur

Beberapa sifat material yang dibutuhkan dalam analisa ini adalah konduktivitas termal, massa jenis dan kapasitas panas spesifik. Konduktivitas termal adalah kemampuan suatu material menghantarkan panas, massa jenis adalah ukuran kerapatan massa benda per volume dan kapasitas panas spesifik adalah banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur benda tersebut

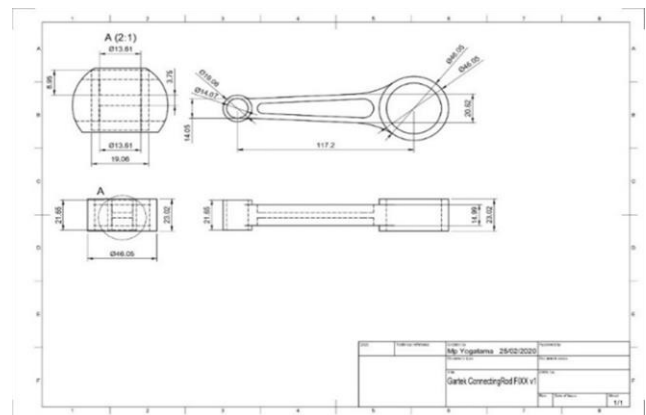
Temperature awalan yang digunakan dalam proses pengecoran kali ini 200°C pada benda cornya konveksi yang digunakan sebesar 11,45 W/m<sup>2</sup>K berlaku untuk semua jenis pengecoran didapatkan dari jurnal pariona tahun 2005. dan disini memakai *number of step* sebesar 50, *maximum time step* 0,1 dan *minimum time step* 0,001. Seluruh model maupun jenis cetakan diberlakukan settingan yang sama untuk simulasi ini muali dari mesh sama, temperature awal, time step dan settingan lainnya yang membedakan adalah input konduktivitas termal, massa jenis dan panas spesifik dari material cetakan



Gambar 3. Diagram alir penelitian.

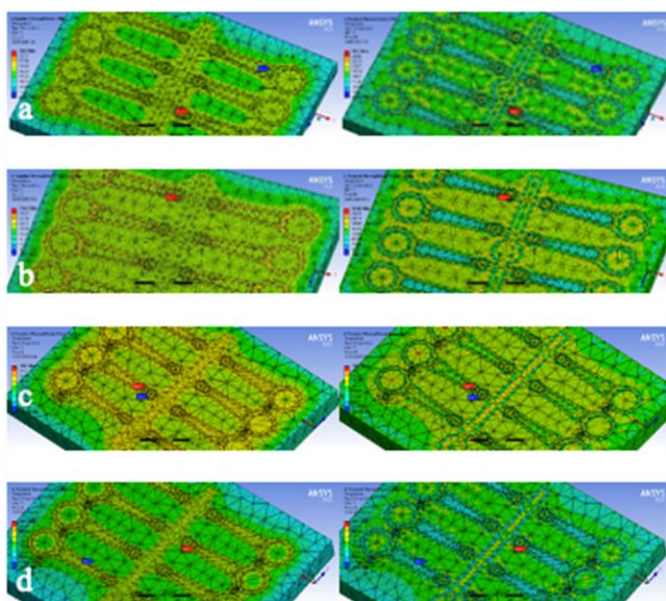


Gambar 3. Desain *connecting rod* model 1 (a) dan model 2 (b).



Gambar 3. Gambar teknik *connecting rod*.

Pada proses solidifikasi pembekuan dimulai pada bagian yang bersentuhan dengan cetakan, pada saat itu panas yang terjadi di bagian yang bersentuhan dengan cetakan akan diambil oleh cetakan sehingga cetakan akan memanas dan bagian coran



Gambar 4. Distribusi temperatur pada step pertama hingga akhir simulasi pada desain 1 pasir silika (a); desain 1 besi co kelabu (b); desain 2 pasir silika (c); dan desain 2 besi cor kelabu (d).

Tabel 3.  
Perbandingan temperatur awal simulasi

Jenis Cetakan	Temperatur maksimum (C)	Temperatur minimum (C)
Model 1 Pasir silika	254,87	100
Model 1 Besi cor Kelabu	314,43	100
Model 2 Pasir silika	275,6	100
Model 2 Besi cor kelabu	272,71	100

Tabel 4  
Perbandingan temperatur pada akhir simulasi

Jenis Cetakan	Temperatur maksimum (C)	Temperatur minimum (C)	Waktu (s)
Model 1 Pasir silika	312,26	30	44,766
Model 1 Besi cor Kelabu	297,6	30	36,64
Model 2 Pasir silika	328,15	30	45,334
Model 2 Besi cor kelabu	275,72	30	34,64

akan mendingin, bagian coran yang mendingin diawali di bagian yang bersentuhan dengan cetakan dan merambat ke tengah coran hal itu disebabkan karena material coran pada simulasi lebih panas dibandingkan cetakan lalu perlahan akan menyebar panas ke cetakan sehingga material coran akan perlahan mendingin dimulai dari sisi bagian luar coran dan kedalam dan material coran akan memanas karena menyerap panas dari material coran. Gambar 4 merupakan distribusi temperatur dari *step* awal hingga akhir untuk masing-masing model dari *gating system* dan untuk Tabel 3 merupakan perbandingan temperatur awal simulasi dan gambar 4 merupakan perbandingan temperatur akhir simulasi

Pada model 1 cetakan silika temperature tertinggi saat awal simulasi sebesar 254,87°C yaitu terletak cetakan pada cope yang berdekatan dengan benda cor sedangkan pada bagian cetakan yang berada disekitar coran temperaturnya berkisar tertinggi 185,39°C dan pada bagian akhir cetakan nilai temperature minimum adalah sekiat 30°C yang terjadi di daerah

penggiran benda cor dan dipenampang *connecting rod* yang terhimpit dengan cetakan sedangkan untuk pendingan tersebut dari simulasi awal hingga mencapai temperature minimum 30°C membutuhkan waktu 44,766 detik baru tercapai temperatur tersebut, pada saat 44,766 detik tersebut temperatur cetakan tertinggi tercatat sebesar 312,26°C dikarenakan menyerap panas dari benda coran.

Pada model 1 cetakan besi cor kelabu temperatur tertinggi saat awal simulasi sebesar 314,43°C terletak salah satu node cope sedangkan di daerah sekitar coran temperaturnya tertinggi berkisar 198,21°C dan pada akhir cetakan temperatur minimum benda cor 46,798°C yaitu terletak dibagian luar coran yang mulai mendingin. Proses dari temperatur 314,43°C sampai terbentuk pendinginan hingga temperatur minimum 30°C membutuhkan waktu sebanyak 36,64 detik dan pada saat itu temperatur cetakan tertinggi sebesar 297,6°C

Pada model 2 cetakan silika temperatur tertinggi saat awal simulasi tercatat sebesar 275,6°C terletak di bagian drag didekat benda cor sedangkan bagian yang didaerah sekitar coran temperaturnya tertinggi berkisar 232°C dan pada akhir cetakan temperatur minimum sekitar 20,981°C yaitu terletak dibagian coran yang berhimpit dengan cetakan yang mulai mendingin. Proses dari temperatur 275,6°C sampai 30°C membutuhkan waktu sebanyak 45,334 detik dan pada itu temperatur cetakan sebesar 328,15°C.

Pada model 2 cetakan besi cor kelabu temperatur tertinggi saat awal simulasi tercatat sebesar 272,71°C terletak di bagian drag dibawah coran sedangkan bagian yang disekitar coran temperaturnya tertinggi berkisar 192,88°C dan pada akhir cetakan temperatur minimum sekitar 36,453°C yaitu terletak dibagian luar coran yang mulai mendingin. Proses dari temperatur 272,71°C sampai 30°C membutuhkan waktu sebanyak 34,64 detik dan pada itu temperatur cetakan sebesar 275,72°C.

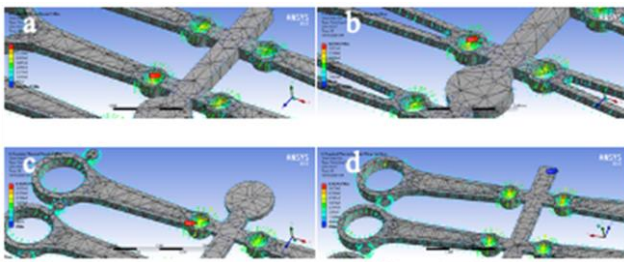
Bisa dilihat pada Gambar 3 model 1 antara kedua jenis cetakan perbedaan cukup signifikan proses pendinginan pada model 1 lebih cepat cetakan besi cor kelabu daripada cetakan pasir silika yaitu membutuhkan waktu 36,64 detik untuk temperatur minimum 30°C terlihat dibagian sisi coran dibandingkan dengan pada cetakan besi pasir silika yang membutuhkan 44,766 detik untuk mencapai temperatur minimum 30°C

Berbeda dengan model 2 antara kedua jenis cetakan perbedaan yang menonjol yaitu 45,334 detik waktu yang dibutuhkan agar 30°C terlihat dilapisan luar coran untuk cetakan pasir silika dan 34,64 detik pada cetakan besi cor kelabu, pada model 2 bisa dilihat juga besi cor kelabu memiliki kecepatan pendinginan yang lebih cepat daripada pasir silika.

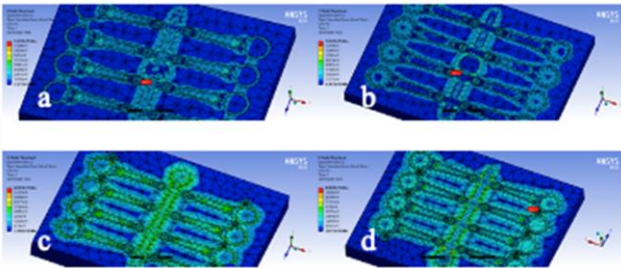
Perbedaan distribusi temperatur ini disebabkan sifat material cetakan. Cetakan besi cor kelabu mempunyai konduktifitas termal yang lebih besar daripada cetakan pasir sehingga cetakan besi cor kelabu menyebarkan panas lebih cepat daripada cetakan pasir sehingga panas yang ada di coran dapat lebih cepat berpindah kedalam cetakan, dapat disimpulkan bahwa pendinginan dari besi cor kelabu lebih cepat daripada cetakan pasir

Faktor lain yang mempengaruhi perbedaan distribusi temperatur adalah kapasitas panas spesifik dari cetakan,





Gambar 6. Gradien temperatur pada model 1 pasir silika (a); model 1 besi cor kelabu (b); model 2 pasir silika (c); dan model 2 besi cor kelabu



Gambar 6. Tegangan termal pada model 1 pasir silika (a); model 1 besi cor kelabu (b); model 2 pasir silika (c); dan model 2 besi cor kelabu (d).

kapasitas panas spesifik dari cetakan pasir lebih besar dari kapasitas panas spesifik dari besi cor kelabu sehingga pada cetakan pasir peningkatan temperatur lebih lambat dan kurang bisa menyerap panas daripada cetakan besi cor kelabu

Bila ditinjau dari jenis *gating system* perbedaan laju pendinginan antara *gating system* model 1 dan model 2 tidak begitu terasa yaitu pada model 1 cetakan silika 44,766 detik agar temperatur 30°C mulai terlihat di coran dan pada model 2 cetakan silika sebanyak 45,334 detik begitu juga dengan *gating system* model 1 besi cor kelabu mencapai temperatur minimum 30°C membutuhkan waktu sebanyak 36,64 detik dan pada model 2 besi cor kelabu membutuhkan waktu 34,64 detik.

2) Gradien Temperatur

Gradien temperatur adalah arah dan kecepatan perubahan temperatur. Gradien temperatur menggambarkan arah mulainya proses pendinginan. Pada simulasi kali ini Untuk perbandingan temperatur dari model 1 dan 2 dan dari cetakan pasir dan besi cor dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini

Dari keempat gambar gradien temperatur hampir semua menandakan arah yang sama, arah gradien temperatur mengarah menuju cetakan hal ini berarti karena temperatur coran lebih tinggi daripada temperatur cetakan sehingga panasnya berpindah dari coran menuju cetakan hal ini juga berarti sesuai pendinginan didalam coran berawal dari bagian yang terkena dinding cetakan

B. Analisa Struktural

Simulasi analisa struktural digunakan untuk menganalisa tegangan termal yang terjadi selama proses pengecoran berlangsung. Pada suatu proses pengecoran, distribusi dan perubahan temperatur akan berpengaruh pada berbagai aspek contohnya seperti tegangan termal. Tegangan termal ini yang akan menimbulkan masalah seperti deformasi dan patahan. Sifat material yang mempengaruhi tegangan termal antara lain modulus elastisitas dimana semakin besar modulus elastisitas maka suatu material akan semakin sulit terdeformasi.

Tabel 5. Perbandingan nilai tegangan termal

Jenis Cetakan	Nilai Minimum (Pa)	Nilai Maksimum (Pa)
Model 1 pasir silika	3,1277e+010	1,3279e+015
Model 1 besi cor kelabu	4,1873e+010	1,5541e+015
Model 2 pasir silika	3,7947e+010	6,0414e+014
Model 2 besi cor kelabu	5,0717e+010	8,5839e+014

Kemudian sifat material yang memiliki pengaruh adalah *poisson ratio* yang merupakan nilai konstanta elastisitas suatu material dan yang terakhir adalah koefisien ekspansi termal material yang berpengaruh pada pemuaian panjang dan volume suatu material.

Tegangan Termal adalah tegangan induksi yang dihasilkan akibat perubahan suhu, tegangan termal dipengaruhi beberapa faktor yaitu modulus elastisitas, *poisson ratio*, koefisien ekspansi termal dan perbedaan temperatur dari materialnya. Tegangan termal dalam simulasi ini dianalisa dengan tegangan Von Mises. Gambar 6 merupakan tegangan termal pada tiap model cetakan dan Tabel 5 merupakan perbandingan nilai tegangan termal

Dapat dilihat dari Tabel 5 nilai tegangan termal dari keempat model, nilai maksimum terbesar pada model 1 cetakan besi cor kelabu sebesar 1,5541e+015 Pa dan nilai maksimum terkecil pada model 1 cetakan pasir yaitu sebesar 6,0414e+014, sedangkan nilai minimum terbesar pada model 2 cetakan besi cor kelabu yaitu sebesar 5,0717e+010 dan nilai minimum terkecil pada model 1 cetakan pasir silika sebesar 3,1277e+010. Dapat disimpulkan cetakan dengan material besi cor kelabu memiliki tegangan termal lebih besar daripada cetakan material pasir silika karena cetakan besi cor kelabu memiliki nilai young modulus, *poisson ratio* serta koefisien termal yang lebih besar daripada pasir silika.

Efek dari tegangan termal yang tinggi dapat menyebabkan retak pada suatu benda cor karena kombinasi dari gradien suhu yang besar di samping perubahan cepat dari temperatur pada suatu bahan, Perubahan suhu menyebabkan tekanan pada tegangan pada permukaan yang mendorong pembentukan dan perambatan retak [5].

Hubungan dari perbedaan temperatur untuk memulai keretakan dijelas oleh William David Kingery dalam persamaan berikut ini

$$\Delta Tc = S \frac{k\sigma^*(1-\nu) \frac{1}{h}}{E\alpha} = \frac{S}{hR'} \tag{1}$$

Dimana S adalah *shape factor*,  $\sigma^*$  adalah tegangan patahan, k adalah konduktivitas termal, E adalah *young modulus*,  $\alpha$  koefisien ekspansi termal dan R' adalah parameter ketahanan patahan [6].

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari Analisa ini dapat diambil kesimpulan yaitu; (1) Dari kedua model *gating system*, penurunan temperatur dari kedua model saat proses pendinginan memiliki waktu yang hampir sama mencapai temperatur minimum 30°C, sehingga variasi dari

*gating system* tidak terlalu berpengaruh pada kecepatan pendinginan; (2) Pada saat Solidifikasi bagian yang mengalami pembekuan terjadi di daerah *connecting rod* yang berhimpit dengan cetakan lalu menyebar ke dalam; (3) Sifat-sifat termal pada material seperti konduktivitas termal dan kapasitas panas spesifik sangat berpengaruh pada proses pendinginan sehingga pada cetakan besi cor kelabu baik dari model 1 dan model temperatur lebih cepat menyebar lebih cepat daripada cetakan pasir, sehingga proses pendinginan cetakan besi cor kelabu berlangsung lebih cepat, pada cetakan besi cor kelabu dibutuhkan waktu sekitar 34-36 detik untuk mencapai temperatur 30°C dan pada cetakan pasir silika membutuhkan waktu 44-45 detik pada simulasi; (4) Pada pendinginan yang cepat berpengaruh dengan nilai tegangan termal suatu material, Tegangan termal pada cetakan besi cor kelabu pada setiap model lebih besar dari daripada tegangan termal cetakan pasir silika, dan tegangan termal terbesar pada model 1 cetakan besi cor kelabu sebesar  $1,5541e+015$  dan tegangan termal terkecil

terjadi di cetakan model 2 pasir silika sebesar  $6,0414e+014$ .

#### LAMPIRAN

Perhitungan *Gating System*, *Riser*, dan *Modulus* terlampir pada halaman F115-F116.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Plancak *et al.*, "A Review of the Possibilities to Fabricate Connecting Rods," *Ann. Fac. Eng. Hunedoara*, vol. 11, no. 2, p. 167, 2013.
- [2] A. B. Sidhpara, V. I. Kureshi, and P. A. Patel, "Comparison of manufacturing methods and analysis of connecting rod for reducing cost," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 2, no. 5, 2013.
- [3] F. M. Ashby, *Material Selection in Mechanical Design*, 2nd ed., vol. 3. Burlington: Elsevier Ltd, 2011.
- [4] and D. D. V. Rao, M. Srinivas, A. Girish Kumar, "Design and analysis of al 7075 connecting rod," *Int. J. Pure Appl. Math.*, vol. 118 No. 24, 2018.
- [5] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering : an Introduction*. Hoboken N.J.: John Wiley & Sons, 2014.
- [6] W. Soboyejo, *Mechanical Properties of Engineered Material*. Bosa Roca, United States: CRC Press, 2019.

**Perhitungan Gating System, Riser, dan Modulus**

Perhitungan *Gating System* untuk material pasir silika.

Perhitungan *riser* menggunakan metode *modulus riser*.

Perhitungan *modulus* benda cor

$$\begin{aligned} \text{Modulus} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Luas permukaan}} \\ \text{cor} &= \frac{21928,676 \text{ mm}^3}{13977,481 \text{ mm}^2} \\ \text{Modulus} &= 1,569 \text{ mm} \\ \text{cor} & \end{aligned}$$

Perhitungan *modulus riser*

$$\begin{aligned} \text{Modulus} &= 1,2 \times \text{Modulus Benda Cor} \\ \text{riser} &= 1,2 \times 1,569 \text{ mm} \\ \text{Modulus} &= 1,8828 \text{ mm} \\ \text{riser} & \end{aligned}$$

Perhitungan diameter *riser*

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= 6 \times \text{Modulus Benda Cor} \\ \text{riser} &= 6 \times 1,569 \\ \text{Diameter} &= 9,414 \text{ mm} \\ \text{riser} & \end{aligned}$$

Perhitungan tinggi *riser*

$$\begin{aligned} \text{Tinggi} &= \frac{\text{Modulus Riser} \times \text{Diameter}}{\text{Diameter} - 4 \text{ Modulus Riser}} \\ \text{riser} &= \frac{1,8828 \text{ mm} \times 9,414 \text{ mm}}{9,414 \text{ mm} - 4 \times 1,8828 \text{ mm}} \\ &= \frac{17,725}{17,725} \\ &= \frac{9,414 - 7,5312}{17,725} \\ &= \frac{1,8828}{17,725} \\ &= 9,414 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan volume *riser*

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{\pi \times \text{Diameter}^3}{4} \\ \text{riser} &= \frac{\pi \times 9,414^3}{4} \\ \text{Volume} &= 655,258 \text{ mm}^3 \\ \text{riser} & \end{aligned}$$

Perhitungan leher/*neck riser*

$$\begin{aligned} \text{Leher} &= \frac{\text{Diameter}}{2} \\ \text{riser} &= \frac{9,414}{2} \\ \text{Leher} &= 4,707 \text{ mm} \\ \text{riser} & \\ \text{Diameter} &= 1,2 \times \text{Leher riser} \\ \text{leher} &+ 0,1 \times \text{Diameter} \\ &= 1,2 \times 4,707 + 0,1 \times 9,414 \\ &= 5,6484 + 0,9414 \\ \text{Diameter} &= 6,5898 \text{ mm} \\ \text{leher} & \end{aligned}$$

Perhitungan waktu tuang

$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= K_3 \sqrt[3]{\text{Berat Coran}'} \\ \text{tuang} &= 1,85 \sqrt[3]{0,62} \\ \text{Waktu} &= 1,57808 \text{ s} \\ \text{tuang} & \end{aligned}$$

Perhitungan massa logam yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{Massa logam} &= \frac{\text{massa benda cor}}{\text{casting yield}} \\ &= \frac{0,496}{0,6} \\ \text{Massa logam} &= 0,827 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan kecepatan tuang

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan tuang} &= \frac{\text{Massa logam}}{\text{Waktu}} \\ &= \frac{0,827 \text{ kg}}{1,57808 \text{ s}} \\ \text{Kecepatan tuang} &= 0,524 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Perhitungan tinggi efektif *sprue*

$$\begin{aligned} \text{Tinggi} &= \text{tinggi Sprue} - \frac{\text{tinggi } p^2}{2 \cdot \text{tinggi } c} \\ \text{efektif} &= 50 - \frac{15,5^2}{2 \times 31} \\ \text{sprue} &= 50 - 3,875 \\ \text{Tinggi} &= 46,125 \text{ mm} \\ \text{efektif} & \\ \text{sprue} & \end{aligned}$$

Perhitungan luas penampang *choke*

$$\begin{aligned} \text{luas penampang} &= \frac{\text{Massa logam}}{\text{massa jenis} \times \text{waktu tuang} \times \text{efisiensi} \times \sqrt{2 \times g \times \text{Tinggi efektif sprue}}} \\ \text{choke} &= \frac{0,827}{2,81 \times 10^{-6} \times 1,57808 \times 0,9 \times \sqrt{2 \times 9800 \times 46,125}} \\ &= \frac{0,827}{3,991 \times 10^{-6} \times \sqrt{904050}} \\ &= \frac{0,827}{3794,704 \times 10^{-6}} \\ &= 217,935 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan diameter *choke*

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= \sqrt{\frac{4 \text{ luas penampang choke}}{\pi}} \\ \text{choke} &= \sqrt{\frac{4 \times 217,935}{\pi}} \\ &= \sqrt{277,483} \\ &= 16,658 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan luas penampang *runner*

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \times \text{luas penampang choke} \\ \text{runner} & \end{aligned}$$

$$= 2 \times 217,935$$

$$= 435,87 \text{ mm}^2$$

Perhitungan *sprue base well*

Luas =  $5 \times \text{luas penampang choke}$

$$= 5 \times 217,935 \text{ mm}^2$$

Luas =  $1089,675 \text{ mm}^2$

Diameter =  $\sqrt{\frac{4 \times \text{luas sprue base well}}{\pi}}$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 1089,675 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

$$= \sqrt{1387,4173}$$

Diameter =  $37,248 \text{ mm}$

Panjang =  $29,798 \text{ mm}$

Lebar =  $\frac{\text{Diameter}}{2,5}$

$$= \frac{37,248 \text{ mm}}{2,5}$$

$$= 14,899 \text{ mm}$$

Kedalaman =  $\frac{\text{Luas runner}}{\text{lebar}}$

$$= \frac{435,87 \text{ mm}^2}{14,899 \text{ mm}}$$

$$= 29,255 \text{ mm}$$

Kedalaman =  $29,255 \text{ mm}$

Perhitungan *runner extension*

Panjang =  $2 \times \text{lebar}$

$$= 2 \times 14,899 \text{ mm}$$