

Analisis Perbedaan Tinggi Sprue Pada Top Gating System Untuk Pengecoran Propeller Yang Bermaterial Paduan Alumunium Dari Limbah Propeller Perahu

Tito Endramawan¹, Felix Dionisius², Agus Sifa³, Bambang Hadi Kusuma⁴,

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu 45252

E-mail : tito@polindra.ac.id

E-mail : felix.dionisius@polindra.ac.id

E-mail : agus.sifa@polindra.ac.id

E-mail : bambanghadik@gmail.com

ABSTRAK

Perahu-perahu yang digunakan para nelayan digerakan oleh motor bensin atau diesel untuk menggerakan propeller perahu, para nelayan biasanya menggunakan propeller KTM Kateem 25. Banyaknya propeller perahu dari nelayan yang mengalami kegagalan (patah) dan menjadi limbah sampah. Dari limbah tersebut akan dimanfaatkan kembali untuk dijadikan propeller baru dengan teknik gravity casting melalui media pasir cetak. Limbah propeller yang telah dileburkan akan dituangkan pada cetakan propeller dengan menggunakan gaya gravitasi secara natural agar logam cair dapat mengisi rongga cetakan dengan baik. Perancangan sistem saluran (*gating system*) mempengaruhi hasil cor, maka diperlukannya perancangan sistem saluran yang tepat dan efisien sehingga terhindar dari hasil cor yang cacat, salah satunya cacat adanya rongga udara (*shrinkage*) didalam hasil coran. Sistem saluran untuk pengecoran propeller perahu ini menggunakan top gating system (sistem saluran atas). Perancangan sistem saluran dengan 3 variabel perbedaan ketinggian sprue (saluran turun) yaitu 50 mm, 100 mm dan 150 mm. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hasil yang optimum pada top gating system dari perbedaan ketinggian sprue dalam pengecoran propeller perahu. Penelitian ini dilakukan dengan simulasi software ProCast 2015. Dari penelitian yang telah dilakukan didapat bahwa ketinggian sprue 50 mm dan 100 mm yang direkomendasikan untuk top gate system pada sistem saluran pengecoran propeller dengan hasil prosentase shrinkage porosity 0.8 % - 1.73 %.

Kata Kunci

Limbah, Propeller Kapal, top gating system, sprue (saluran turun), shrinkage porosity

1. PENDAHULUAN

Pesisir pantai Indramayu merupakan potensi tersendiri bagi masyarakat sekitar, hal ini dapat terlihat pada banyaknya nelayan di sepanjang pantai Indramayu. Umumnya nelayan yang ada menggunakan perahu kecil dan hanya sebagian kecil saja yang mempunyai perahu ukuran besar. Perahu kecil biasanya berlayar untuk waktu 2-3 hari, yang masih menggunakan peralatan sederhana untuk menangkap ikan. Perahu-perahu ini digerakan oleh motor bensin atau diesel untuk menggerakan baling-baling perahu. Baling-baling (*propeller*) perahu ini

terbuat dari bahan aluminium paduan dengan teknik *gravity casting*.

Permasalahan yang ada yaitu banyak baling-baling dari nelayan yang mengalami kegagalan (patah) dan menjadi limbah sampah. Berdasarkan hal tersebut, maka untuk menanggulangi banyaknya limbah baling-baling akan dilakukan pengabdian pada masyarakat untuk memanfaatkan kembali limbah dari baling-baling yang rusak tersebut untuk dijadikan produk baling-baling yang baru dengan menggunakan teknik peleburan yang kemudian dicetak sesuai dengan ukuran dan bentuk yang dibutuhkan.

Baling-baling (propeller) yang sering digunakan nelayan yaitu Baling-baling (propeller) KTM Kateem 25.



Gambar 1. Baling-baling (propeller)

Proses pengecoran pada baling-baling dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara/metode, yaitu pengecoran dengan menggunakan cetakan yang terbuat dari pasir (sand casting) dan dengan menggunakan cetakan yang terbuat dari logam (die casting). Dari kedua metode di atas, metode sand casting paling banyak digunakan, oleh karena proses pembuatan cetakan yang mudah dan murah. Sedangkan metode die casting jarang digunakan, oleh karena proses pembuatan cetakan yang rumit [1].

Perancangan sistem saluran (gating system) harus menghindari terjadinya turbulensi logam cair. Aliran logam yang turbulen akan menyebabkan meningkatkan daerah yang terkena udara sehingga oksidasi mudah terjadi. Oksida yang terbentuk akan naik ke permukaan coran sehingga menyebabkan coran menjadi kasar permukaannya atau oksida akan terjebak didalam coran dan menyebabkan cacat. [2]

Pada proses pengecoran logam terjadinya cacat pada hasil coran sangat dihindari. Dengan terjadinya cacat shrinkage maka akan menurunkan kualitas dari hasil coran tersebut serta menurunkan efektifitas dari proses produksi. Cacat yang umumnya terjadi pada hasil coran adalah seperti adanya inklusi pasir (sand inclusion), dan adanya rongga udara (shrinkage) didalam hasil coran.

Top Gating System atau Top Single Gate menjadi teknik pengecoran yang biasa dilakukan untuk membuat propeller perahu. Teknik pengecoran dengan menuangkan material cair pada pola cetakan propeller dari atas melalui sprue (saluran turun).

Gravity Casting (pengecoran gravitasi) merupakan cara yang paling sederhana dalam

membuat suatu produk coran, akan tetapi pengecoran ini juga merupakan jenis pengecoran yang paling buruk dari segi keandalan dan kualitas. Hal ini dikarenakan turbulensi dan terperangkapnya udara yang terjadi saat penuangan sangat sulit dikendalikan hanya karena sistem saluran yang digunakan sangat buruk, sehingga sering menimbulkan cacat dan akhirnya menurunkan sifat fisik dan mekanik pada produk cor. Untuk merancang sistem saluran pada pengecoran gravitasi perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan simulasi komputer sehingga logam cair bisa diamati pada saat masuk kedalam sistem saluran sampai memenuhi seluruh rongga cetakan. [3]

Dengan digunakannya aplikasi tersebut, dalam penelitian ini dapat menentukan hasil pada top gating system dari perbedaan ketinggian sprue dalam pengecoran propeller perahu yang lebih baik.

Hasil penelitian yang diharapkan dari pengabdian ini adalah berkurangnya limbah dari baling-baling yang ada di masyarakat untuk dijadikan produk baling-baling perahu nelayan lokal.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Definisi dan Spesifikasi Propeller Perahu

Propeller atau baling - baling adalah komponen berbentuk kitiran untuk menjalankan kapal ataupun pesawat terbang. Kitiran ini memindahkan tenaga dengan mengkonversi gerakan rotasi menjadi daya dorong untuk menggerakkan sebuah kendaraan seperti pesawat terbang, kapal atau kapal selam untuk melalui suatu massa seperti air atau udara, dengan memutar dua atau lebih bilah kembar dari sebuah poros utama. Spesifikasi propeller yang biasa digunakan para nelayan dipesisir pantai Indramayau yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.1 Spesifikasi Propeller Perahu

Merk	KTM Kateem 25
Jumlah Sudu	3
Diameter	322mm
Material	Aluminium 4023 ASME
Density	2690 kg/m ³
Specific Heat	850 J/(Kg*K)
Thermal Conductivity	138 W/(m*K)
Yield Strength	2,7 × 10 ⁶

Baling-baling ini memiliki tebal sudu (wall thickness) 0.5 mm, berat cor baling-baling sebesar 0,49 kg, dengan yield ratio (y) 70 %

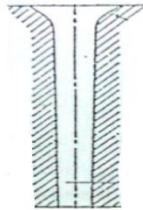
(asumsi). Baling-baling tersebut memiliki data komposisi material yaitu sebagai berikut berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh Angga Purnomo [4] :

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Baling-baling Perahu

2.2 Sistem Saluran (Gating System)

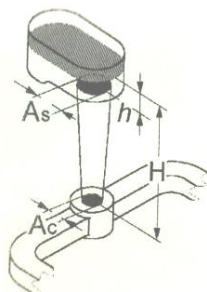
Saluran tuang dapat didefinisikan secara sederhana sebagai suatu bagian untuk mengalirnya logam cair mengisi rongga cetakan. Bagian-bagiannya meliputi cawan tuang (pouring basin), saluran turun (sprue), saluran pengalir (runner), dan saluran masuk (ingate).

Sprue atau saluran turun adalah suatu saluran vertikal tempat penuangan atau pouring logam cair yang berada pada daerah diatas parting line yang akan meneruskan logam cair kedalam *gate*, *riser* dan produk cor [2]. Dalam penelitian ini bentuk Sprue (saluran turun) membentuk terompet/Tapered Round Sprue.



Gambar 2. Sprue (saluran turun) terompet. (Abrianto Pakuan, 2010)

Ada beberapa bagian pada sprue yang ditunjukkan pada gambar 3.



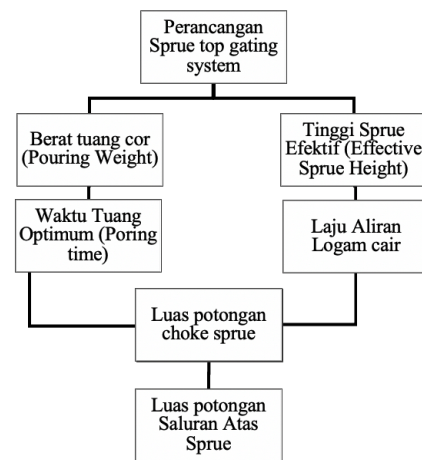
Gambar 3. Bagian pada Sprue

Dimana A_s adalah luas potongan melintang bagian atas sprue (mm^2), A_c adalah luas potongan melintang choke sprue (mm^2), H adalah tinggi efektif sprue (mm), h adalah tinggi logam cair dalam pouring basin (mm).

Langkah pertama dalam pembuatan desain sprue pada top gating system adalah penentuan berat tuang, dilanjutkan dengan menentukan

dimensi dari saluran dasar, saluran turun. Urutan Perancangan sprue pada top gating system ditunjukkan pada gambar 4.

No.	Unsur	Persentase (%)
1	Silikon (Si)	3,81
2	Mangan (Mn)	0,176
3	Krom (Cr)	0,0338
4	Nikel (Ni)	0,0451
5	Seng (Zn)	1,66
6	Tembaga (Cu)	1,30
7	Besi (Fe)	1,59
8	Alumunium (Al)	91,2
9	Magnesium (Mg)	0,0689



Gambar 4. Diagram alir perhitungan perancangan pengecoran

2.2.1 Perhitungan Perancangan Sprue

A. Penentuan Pouring weight (berat tuang)

Untuk menentukan berat tuangan, dalam perencanaan sistem saluran harus diperhitungkan berat produk cor, berat riser, dan perkiraan berat gating yang digunakan sebagai asumsi awal berat coran. Untuk mengetahui berat tuang coran dapat memakai *yield ratio*, yaitu perbandingan berat produk coran terhadap berat total coran dengan persamaan berikut [5]

$$W = \frac{W_o}{y} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Dimana W_o adalah berat produk cor, y adalah yield ratio

B. Penentuan Laju Tuang & Waktu Tuang

Untuk memperoleh laju tuang dan lama waktu tuang logam cair terlebih dahulu harus

diketahui berat tuangannya. Setelah itu dapat dihitung ukuran dari setiap bagian dari sistem saluran. Dilanjut perhitungan pouring rate (laju penuangan) untuk logam non ferro dan pouring time (waktu penuangan) [6] dengan persamaan :

$$R = b\sqrt{W} \quad (2)$$

R adalah pouring rate (kg/sec) , lalu b adalah konstanta yang ditentukan dengan ketebalan benda, untuk penentuan nilai dari b dapat dilihat pada table dibawah ini

Table 1. Nilai konstanta (b) untuk perbedaan ketebalan benda [6]

Wall thickness (mm)	<6 mm	6-12 mm	>12 mm
b -constant	0.99	0.87	0.47

Dilanjutkan Waktu Tuang melalui persamaan :

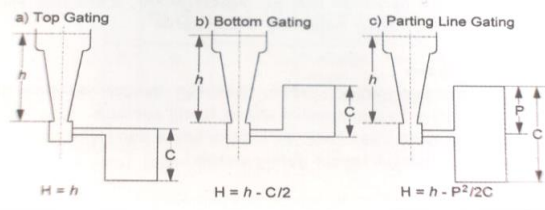
$$tp = \frac{W}{R} \quad (3)$$

Dimana tp adalah pouring time (waktu penuangan) [6].

C. Penentuan Tinggi Efektif Sprue

Posisi dan tinggi *sprue* sangat menentukan kecepatan alir dari logam cair yang akan mengisi roga cetakan. Perhitungan tinggi efektif logam cair tidak dapat langsung digunakan suatu persamaan tertentu akan tetapi harus mempertimbangkan posisi dari saluran masuk dan benda tuang.

Posisi saluran masuk ada yang ditempatkan diatas benda tuang, dibawah benda tuang, atau sejajar dengan *parting line*.



Gambar 5. Penentuan tinggi efektif logam cair

dimana H adalah tinggi efektif logam cair, h adalah jarak dari *sprue* ke permukaan logam didalam pouring basin, p adalah tinggi dari bidang pisah ke permukaan atas coran, dan C adalah tinggi coran. [2]

Perhitungan tinggi sprue efektif dari Top Gating System dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [2] :

$$H = h$$

D. Penentuan Laju Aliran Logam Cair pada Saluran Turun

Untuk menentukan nilai laju aliran logam cair melewati saluran turun, dapat digunakan persamaan sebagai berikut [7]:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (4)$$

dimana v adalah laju aliran, g adalah gaya gravitasi (9.8 m/s^2),

E. Penentuan Luas Potongan Choke Sprue dan Atas Sprue

Untuk menentukan nilai luas potongan melintang choke sprue dapat digunakan persamaan [8] :

$$Ac = \frac{W}{\rho \cdot tp \cdot C \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}} \quad (5)$$

Dimana A = choke area (mm^2), W = berat produk pengecoran (total, semua element), ρ = density material, h = tinggi efektif logam cair, C = discharge coefficient (= 0.8), g = Gravitasi ($=9.8 \text{ m/s}^2$), tp = waktu penuangan, s.

Setelah mendapat hasil luas potongan melintang choke sprue (mm^2) dapat menghitung jari-jari melalui persamaan :

$$r = \sqrt{\frac{Ac}{\pi}} \quad (6)$$

Selanjutnya menghitung diameter dari Ac

$$D_{AC} = r \cdot 2 \quad (7)$$

Setelah itu menghitung luas potongan melintang bagian atas sprue atau diameter atas sprue dengan persamaan :

$$As = \frac{Ac \cdot \sqrt{ESH}}{b} \quad (8)$$

Dimana As adalah diameter sprue atas, b adalah tinggi pouring basin, dan Effective Sprue Height. [5]

Dari beberapa parameter diatas dapat cari untuk mendapatkan data-data pendukung pembuatan desain.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini antara lain:

1. Menentukan 3 variabel tinggi sprue (saluran turun) untuk menjadi perbandingan.
2. Menghitung perancangan sprue (saluran turun) dari variabel tinggi yang telah ditentukan.
3. Mendesain sistem saluran pada produk cor propeller kapal menggunakan software SolidWork.
4. Melakukan penelitian menggunakan simulasi pengecoran dengan software ProCast sesuai dengan data-data yang telah ditentukan
5. Membahas hasil penelitian untuk menentukan Sprue (saluran turun) yang baik dan buruk guna melanjutkan proses pembuatan baling-baling (propeller) secara langsung.
6. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini, berupa pengaruh perbedaan tinggi sprue (saluran turun) yang digunakan pada proses pengecoran.

Perlu didahulukannya penentuan berat tuang dan waktu tuang, untuk pengecoran benda yang sama dengan material yang sama pula tentunya mendapati hasil berat tuang dan waktu tuang yang sama.

Perbedaan tinggi sprue perancangan sistem saluran menjadi perbandingan pada penelitian ini. Variabel untuk tinggi sprue (saluran turun) yang digunakan 50 mm, 100 mm, 150 mm dan untuk tinggi Pouring basinnya 20 mm pada setiap sprue.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan Perancangan Sprue

Penentuan nilai berat tuang dengan persamaan diatas: (1)

$$W = \frac{0.49 \text{ kg}}{70 \%} \cdot 100 \% = 0.7 \text{ kg}$$

Penentuan laju tuang menggunakan persamaan diatas: (2)

$$R = 0.99 \sqrt{0.7} = 0.83 \text{ kg/sec}$$

Penentuan waktu tuang menggunakan persamaan diatas: (3)

$$tp = \frac{0.7 \text{ kg}}{0.83 \text{ kg/s}} = 0.84 \text{ s}$$

Untuk tinggi efektif sprue dan laju aliran logam cair yang memiliki perbedaan angka dapat langsung kita perhitungkan pada persamaan (5), (6), (7) dan (8) untuk penentuan luas potongan choke sprue dan atas sprue.

1. Perhitungan sprue dengan tinggi 50 mm

$$Ac = \frac{0.7 \text{ kg}}{0.00269 \text{ kg/cm}^3 \cdot 0.84 \text{ s} \cdot 0.8 \cdot \sqrt{2 \cdot 980.7 \text{ cm/s}^2 \cdot 5 \text{ cm}}}$$

$$Ac = \frac{0.7 \text{ kg}}{0.00269 \text{ kg/cm}^3 \cdot 0.84 \text{ s} \cdot 0.8 \cdot 99.03 \text{ cm/s}}$$

$$Ac = \frac{0.7 \text{ kg}}{0.18 \text{ kg/cm}^2} = 3.89 \text{ cm}^2$$

Area choke (Ac) = 3.89 cm², setelah itu lanjut menghitung jari-jari, maka:

$$r = \sqrt{\frac{Ac}{\pi}} = \sqrt{\frac{3.89 \text{ cm}^2}{\pi}} = 1.11 \text{ cm}$$

$$D_{AC} = r \cdot 2 = 1.11 \cdot 2 = 2.22 \text{ cm} = 22.2 \text{ mm}$$

Diperoleh diameter ac = 22.2 mm. Selanjutnya diameter atas sprue

$$As = \frac{2.22 \cdot \sqrt{5}}{2} = 2.48 \text{ cm} = 24.8 \text{ mm}$$

- 1.2 Perhitungan sprue dengan tinggi 100 mm.

$$Ac = \frac{0.7 \text{ kg}}{0.00269 \text{ kg/cm}^3 \cdot 0.84 \text{ s} \cdot 0.8 \cdot \sqrt{2 \cdot 980.7 \text{ cm/s}^2 \cdot 10 \text{ cm}}}$$

$$Ac = \frac{0.7 \text{ kg}}{0.00269 \text{ kg/cm}^3 \cdot 0.84 \text{ s} \cdot 0.8 \cdot 140.05 \text{ cm/s}}$$

$$Ac = \frac{0.7 \text{ kg}}{0.253 \text{ kg/cm}^2} = 2.77 \text{ cm}^2$$

Area choke (A_c) = 3.89 cm² setelah itu lanjut menghitung jari-jari, maka

$$r = \sqrt{\frac{A_c}{\pi}} = \sqrt{\frac{2.77 \text{ cm}^2}{\pi}} = 0.94 \text{ cm}$$

$$D_{AC} = r \cdot 2 = 0.94 \cdot 2 = 1.88 \text{ cm} = 18.8 \text{ mm}$$

Selanjutnya diameter atas sprue

$$A_s = \frac{1.88 \cdot \sqrt{10}}{2} = 2.97 \text{ cm} = 29.7 \text{ mm}$$

2.2 Perhitungan sprue dengan tinggi 150 mm.

$$A_c = \frac{0.7 \text{ kg}}{0.00269 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \cdot 0.84 \text{ s} \cdot 0.8 \cdot \sqrt{2 \cdot 980.7 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \cdot 15 \text{ cm}}} = \frac{0.7 \text{ kg}}{0.00269 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \cdot 0.84 \text{ s} \cdot 0.8 \cdot 171.53 \frac{\text{cm}}{\text{s}}} = \frac{0.7 \text{ kg}}{0.31 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 2.25 \text{ cm}^2$$

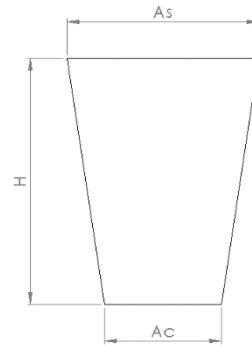
Area choke (A_c) = 3.89 cm² setelah itu lanjut menghitung jari-jari, maka:

$$r = \sqrt{\frac{A_c}{\pi}} = \sqrt{\frac{2.25 \text{ cm}^2}{\pi}} = 0.85 \text{ cm}$$

$D_{AC} = r \cdot 2 = 0.85 \cdot 2 = 1.7 \text{ cm} = 17 \text{ mm}$
Selanjutnya diameter atas sprue

$$A_s = \frac{1.7 \cdot \sqrt{15}}{2} = 3.29 \text{ cm} = 32.9 \text{ mm}$$

Setelah memperhitungkan akan desain sprue diatas didapati data :



H (Tinggi Sprue)	A _c (Diameter bawah sprue)	A _s (Diameter atas sprue)
50 mm	22.2 mm	24.8 mm
100 mm	18.8 mm	29.7 mm
150 mm	17 mm	32.9 mm

Selanjutnya pembuatan desain sprue pada aplikasi SolidWorks yang nantinya dilanjutkan proses simulasi pengecoran baling-baling pada aplikasi Procast.

4.2 Hasil Simulasi ProCast

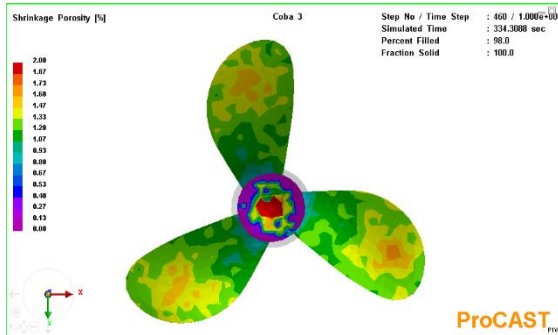
Hasil simulasi pada penelitian ini yang dijadikan respon dalam mengoptimalkan desain sistem saluran pada pengecoran propeller kapal yaitu cacat shrinkage porositas (porositas penyusutan) yang terbentuk.

Shrinkage porositas yang terbentuk pada penelitian ini yang akan dibahas adalah yang terbentuk pada bagian sudu propeller kapal. Sedangkan pada bagian saluran dasar maupun saluran turun, serta bagian tengah saluran penambah diabaikan. Karena bagian tersebut tidak digunakan setelah proses pemesinan dilakukan pada propeller kapal.

Waktu pembekuan juga didapatkan pada hasil simulasi ini, yang dalam perbedaan tinggi sprue didapatkan hasil waktu yang berbeda pada tiap variable nya.

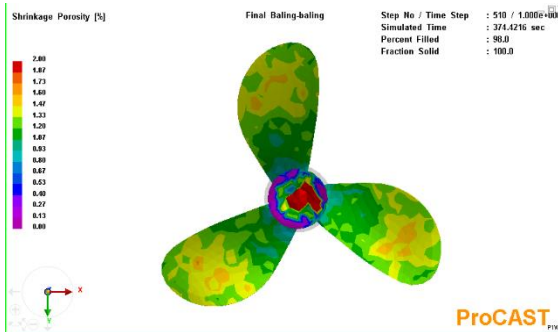
Gambar 6. Hasil simulasi tinggi sprue 50 mm

Waktu pembekuan yang terjadi 290,03 detik dengan Shrinkage Porosity menunjukkan pada range 0.8 % - 1,73 %.



Gambar 7. Hasil simulasi tinggi sprue 100 mm

Waktu pembekuan yang terjadi 334,3 detik dengan Shrinkage Porosity menunjukkan pada range 0,8 % - 1,73 %



Gambar 8. Hasil simulasi tinggi sprue 150 mm

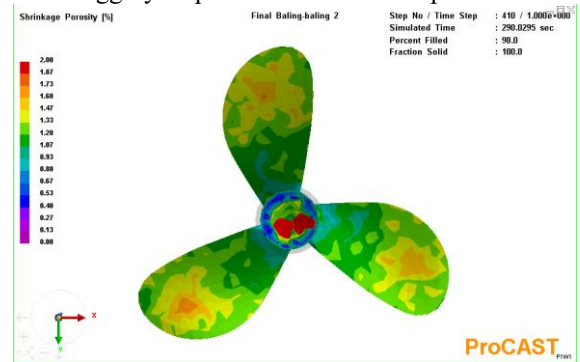
Waktu pembekuan yang terjadi 374,4 detik dengan Shrinkage Porosity menunjukkan pada range 0.93 % - 1.73 %.

4.3 Pembahasan

Didapati hasil simuliasi pengecoran berupa shrinkage porosity yang berbeda dari tiap ketinggian sprue yang telah ditentukan. Ketinggian sprue menjadi faktor terjadinya shrinkage porosity pada Top Gating System pada sistem saluran pengecoran propeller, semakin tinggi sprue maka makin besar pula prosentasi terjadinya shrinkage porosity.

Hasil dari waktu pembekuan yang terjadi pada proses pengecoran propeller dengan perbedaan tinggi sprue mendapati bahwa

semakin tingginya sprue semakin lama pula



waktu pembekuan begitu pula sebaliknya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, mengenai desain sistem saluran pada pengecoran propeller kapal dengan membuat perbedaan pada ketinggian sprue, dapat diperoleh kesimpulan yang menjadi tujuan utama dalam penelitian ini antara lain:

1. Perbedaan desain sistem saluran yang digunakan mempengaruhi shrinkage porosity yang terbentuk dan waktu pembekuan pada proses pengecoran propeller kapal.
2. Menentukan desain dari sprue (saluran turun) yang akan digunakan pada proses pengecoran
3. Variable desain tinggi sprue 50 mm mendapati waktu pembekuan lebih cepat dibandingkan dengan tinggi sprue 100 mm dan 150 mm.
4. Untuk hasil shrinkage porosity yang didapati oleh sprue dengan tinggi 50 mm dan 100 mm lebih baik berada pada range yang sama yaitu 0.83 % - 1.73 % dibandingkan dengan sprue dengan tinggi 150 mm berada pada range 0.9 % - 1.73 %.

Dalam penelitian ini digunakan sprue dengan ketinggian 50 mm dan 100 mm sebagai rekomendasi untuk top gate system pada sistem saluran pengecoran propeller. Untuk meminimalisir hasil terjadinya shrinkage porosity pada pengecoran propeller perlu penelitian lebih lanjut mengenai jenis sistem saluran yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami haturkan kepada lembaga penelitian dan pengabdian pada masyarakat Politeknik Negeri Indramayu dengan adanya pendanaan dana hibah pengabdian internal tahun anggaran 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siproni, U., 2010. Pengaruh Proses atau Metode Pengecoran Terhadap Sifat-Sifat Mekanis Pada Balin-Baling (Propeller) Motor Tempel (Ketek), Jurnal AUSTENIT, Vol. 1(3), p. 36.
- [2] Akuan, A., 2010. Teknik Pengecoran dan Peleburan Logam. Modul Praktikum, pp. 31-35.
- [3] Arifin, A., Gunawan, Ismail Thamrin, Muhamad Machrus, 2019. Optimasi Desain Sistem Saluran Pada Pengecoran Propeller Kapal Menggunakan Metode Taguchi, Jurnal Teknik Mesin Untirta, Vol. V, No. 1, p. 100.
- [4] Purnomo, A., 2018. Analisis Sifat Mekanik Baling-baling Aluminium Tipe EN AC – 42100 T64 pada Perahu Nelayan di Indramayu, Tugas Akhir, pp. 39-40.
- [5] Ramdani, O., 2016. *Bab II Perancangan Pola Dan Sistem Saluran Tuang*. [Online] Available at: <https://www.scribd.com/doc/312480791/Bab-II-Perancangan-Pola-Dan-Sistem-Saluran-Tuang>
- [6] Victor Anjo, R. K., 2013. Gating System Design for Casting thin Aluminium Alloy (Al-Si) Plates. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, Issue 23, pp. 54-56.
- [7] Dr. Eko Marsyahyo, ST., MSc., 2009. Teknik Pengecoran Logam. Hands-Out Mata Kuliah.
- [8] Dr. A.K.M.B. Rashid., Design of Gating and Feeding Systems, Foundry Engineering Sessional MME Department, p. 2.