



Pengaruh variasi ketebalan saluran dan temperatur tuang terhadap fluiditas dan porositas hasil pengecoran kuningan pada pengecoran evaporatif

Effect of channel variations and pouring temperature on the fluidity and porosity of brass casting results in evaporative casting

I.K.G. Sugita¹, I.M. Mara^{*2}, I.G.N. Priambadi¹, I.M. Nuarsa²

¹Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Jl. Raya Kampus UNUD, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80361

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia. HP. 081917967987

*E-mail: made.mara@unram.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 31 January 2023

Accepted 06 March 2023

Available online 01 April 2023

Keywords:

Evaporative casting

Polystyrene

Foam

Brass



The development of foundry technology continues to grow along with the increasingly complex needs for making products based on art and culture, one of which is sculpture. Evaporative casting based on non-permanent patterns made of polystyrene foam, with the advantage of precision casting results in complex shapes. The purpose of this study was to determine how variations in the pouring channel and pouring temperature affect the fluidity and porosity of brass castings in evaporative casting. Casting was carried out in castings with thicknesses of 1.5, 2, 3, 4, and 5 mm at pouring temperatures of 900 °C, 950 °C, and 1000 °C using brass with a composition of Cu60% and Zn40%. The highest fluidity was found at a pattern density of 0.012 gr/cm³ at a pouring temperature of 1000 °C with a flow length of 150 mm, while the lowest fluidity was obtained at a pattern density of 0.016 gr/cm³ at a pouring temperature of 900 °C with a flow length of 13 mm. The results of scanning electron microscope (SEM) observations can be observed in specimens with a density of polystyrene foam and a high casting temperature, an increase in the porosity formed.

Dinamika Teknik Mesin, Vol. 13, No. 1, April 2023, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi pada zaman sekarang, manusia dituntut untuk selalu melakukan inovasi dalam menghadapi kebutuhan yang semakin kompleks, salah satunya pada teknologi pembuatan produk berbasis kesenian dan kebudayaan yaitu patung. Patung merupakan bentuk kerajinan yang banyak digunakan

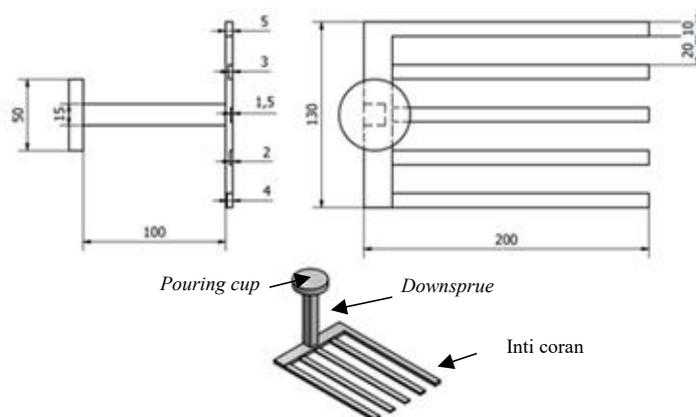
sebagai sarana dalam upacara agama ataupun aksesoris yang memiliki nilai seni tersendiri, pada umumnya dibuat dengan proses pengecoran.

Pengecoran *evaporative* merupakan metode pengecoran logam berbasis pola non permanen terbuat dari *polystyrene foam* sehingga memiliki keunggulan terhadap hasil coran yang lebih teliti pada bentuk - bentuk yang rumit. Penggunaan metode pengecoran *evaporative* dapat mengurangi permasalahan lingkungan yang berkaitan limbah dari *polystyrene foam*. Pengecoran *evaporative* terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil coran diantaranya temperatur tuang, jenis pasir, coating dan cetakan (Sutiyoko,2013), (Akhyar, dkk., 2023). Pemilihan densitas dari *polystyrene foam* akan mempengaruhi kekuatan pola, volume gas yang terdekomposisi, kekasaran permukaan dan laju penuangan yang semakin rendah seiring dengan tingginya densitas pola (Pacynia, 2007). Penggunaan lapisan *coating* dapat mempengaruhi kemampuan permeabilitasnya, terutama pada penggunaan *polystyrene foam* densitas tinggi, sehingga berakibat pada kualitas coran yang dihasilkan (Siavashi, 2011). Peningkatan temperatur tuang menyebabkan viskositas gas yang terbentuk dari pola yang terdekomposisi menjadi lebih rendah, sehingga mempermudah menembus lapisan *coating* (Pacyniak dan Kaczorowski, 2011). Fluiditas pada proses pengecoran *evaporative* dipengaruhi oleh temperature. Semakin tinggi temperature tuang antara temperatur 900-1000 °C maka fluiditas hasil coran dengan semakin tinggi (Priambad dkk. 2018), tegangan permukaan, konduktivitas cetakan, inklusi dan viskositas (Flemings, 2018), pada bentuk pola cetakan yang kecil mengakibatkan peningkatan tegangan permukaan (Campbell, 1994). Proses solidifikasi dalam pengecoran dapat mempengaruhi terbentuknya cacat dan penyusutan pada hasil coran (Jacob dkk, 2013). Penyusutan hasil coran dapat terjadi karena pembekuan dimulai dari bagian bersentuhan cetakan sehingga aliran logam cair berhenti (Ashar dkk.2018). Densitas pola dapat menghasilkan tekanan gas balik aliran logam cair di cetakan menyebabkan terjadinya aliran tubulen logam cair, berakibat banyak udara terjebak pada cairan coran (Junaidy, 2010), (Ashar dkk. 2023). Penelitian variasi ketebalan saluran tuang untuk pengecoran kuningan khususnya pada proses pengecoran evaporative belum dilakukan. Penelitian ini mengkaji perbedaan ketebalan saluran inti dan temperature tuang terhadap terhadap fluiditas dan porositas hasil pengecoran kuningan pada pengecoran *evaporative*.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pembuatan pola cetakan

Pembuatan pola cetakan dengan menggunakan 4 massa jenis polystyrene foam, gambar 1, yaitu 0,012, 0,014, 0,016, 0,018 gr/cm³. Pemilihan densitas *polysterine foam* sebagai inti pengecoran bertujuan untuk mendapatkan dampak dari densitas rendah dan densitas tinggi terhadap hasil coran.



Gambar 1. Pola cetakan

Pembuatan pola dipotong menggunakan mesin potong elektrik. Masing-masing saluran dipotong sesuai dengan tebal yang ditentukan, hasil dari pemotongan pola disatukan dengan menggunakan styrofoam. Setelah dilakukan pengeleman pada pola dilanjutkan dengan pelapisan dengan cara direndam dan dioles menggunakan bahan dengan komposisi serbuk alumina oksida 40%, *gypsum* 30%, dan semen putih 30%. Komposisi campuran pelapisan yang digunakan merupakan komposisi yang paling bagus terhadap daya rekat laisan permukaan inti coran diantara hasil uji rekat kombinasi variasi oksida dan *gypsum*.

2.2 Proses pengecoran

Pengecoran dilakukan dengan cara memasukkan paduan kuningan dengan komposisi Cu60% - Zn40% ke dalam tungku krusibel. Paduan tersebut dipilih karena paduan tersebut banyak digunakan sebagai bahan patung dan asesories kerajinan kuningan. Proses peleburan paduan ditungku peleburan menggunakan variasi

temperatur yang berbeda yaitu temperatur; 900, 950, 1000°C. Paduan yang telah mencair dituangkan ke dalam pola inti cetakan yang sudah dibenamkan pada pasir silika dengan dengan ukuran butir pada mesh 250. Hasil pengecoran kuningan didiamkan ditemperatur lingkungan pada temperatur 29 °C

2.3 Pengujian fluiditas

Pengujian fluiditas dilakukan setelah hasil pengecoran dibersihkan. Fluiditas diukur dari titik tuang sampai dengan titik aliran terhenti (Priambadi dkk., 2018). Jika L_f adalah panjang aliran (mm), t_s adalah waktu pembekuan (s), sedangkan V adalah kecepatan aliran (mm/s), maka L_f dapat dihitung.

$$L_f = V \cdot t_s \text{ (mm)} \tag{1}$$

2.4 Pengujian densitas dan porositas

Pengujian densitas dilakukan berdasarkan hukum Archimedes. Prinsip pengujian ini membandingkan berat kering sampel dengan berat sampel dalam air yang ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Priambadi dkk. 2018). Jika p_w adalah massa jenis air yang dipergunakan dalam pengujian, W_d merupakan berat kering sampel dan W_b adalah berat sampel dalam air maka p_b adalah massa jenis aktual sampel dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\rho_b = \frac{W_d \cdot p_w}{W_d - W_b} \text{ gr/cm}^3 \tag{2}$$

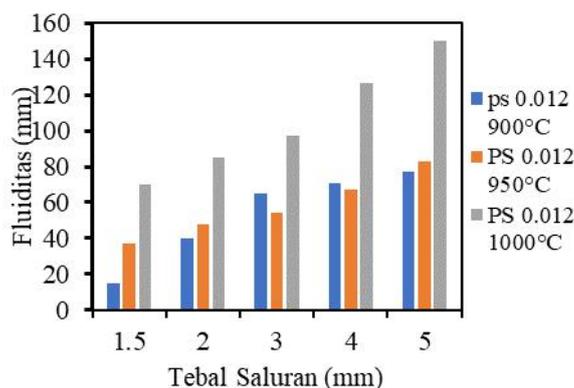
Porositas merupakan ukuran ruang bebas antara bahan dan fraksi dari volume ruang bebas relatif terhadap total volume, mulai dari 0 – 1 atau sebagai persentase antara 0 – 100%. Jika p_{th} merupakan massa jenis teoritis yaitu 8,7 gr/cm³ maka prosentase porositas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Priambadi, dkk., 2018).

$$\% \text{ Porositas} = \left[1 - \frac{\rho_b}{\rho_{th}} \right] \times 100 \tag{3}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil uji fluiditas

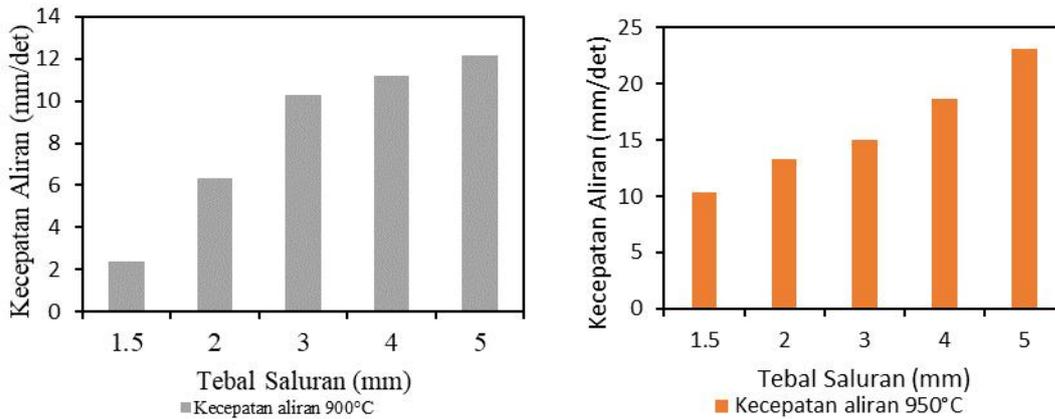
Fluiditas tertinggi pada ketebalan 5 mm dengan temperatur 1000°C sebesar 150 mm sedangkan fluiditas terendah didapat pada ketebalan 1,5 mm dengan temperatur 900°C sebesar 15 mm. Tegangan pada permukaan meningkat pada ketebalan yang paling kecil sehingga aliran lebih cepat membeku (Campbell dan Harding, 1994). Aliran yang terjadi pada saat proses penuangan lebih rendah pada temperature yang lebih rendah (Ashar dkk, 2023).



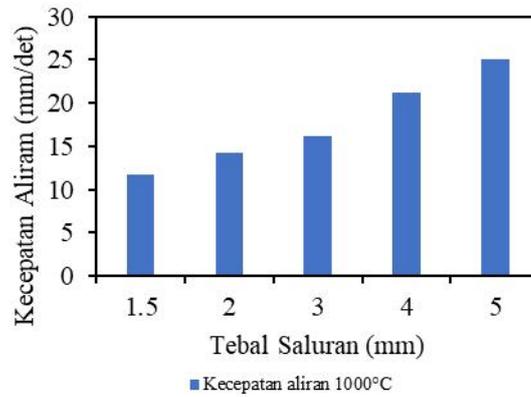
Gambar 2. Fluiditas terhadap ketebalan variasi saluran pada spesimen pola cetakan *polystyrene foam* 0,012 gr/cm³

Kecepatan aliran tertinggi, gambar 3, sebesar 25 mm/det pada ketebalan 5 mm di temperatur 1000°C sedangkan kecepatan terendah didapat 2,37 mm/det pada ketebalan 1,5 mm di temperatur 900°C. Fluiditas tertinggi, gambar 4, pada ketebalan 5 mm dengan temperatur 1000°C sebesar 115 mm sedangkan fluiditas

terendah didapat pada ketebalan 1,5 mm dengan temperatur 900°C sebesar 17 mm. Tegangan pada permukaan



meningkat pada ketebalan yang paling kecil sehingga aliran lebih cepat membeku (Campbell dan Harding, 1994).

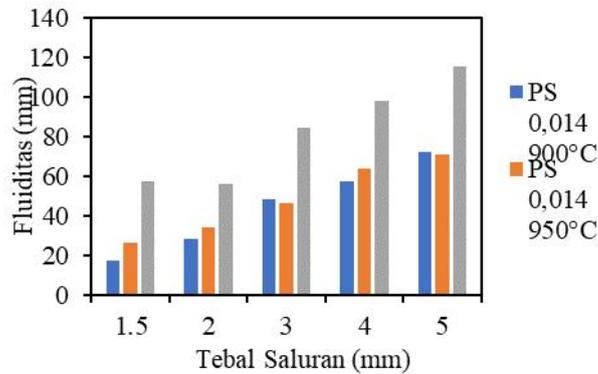


(a)

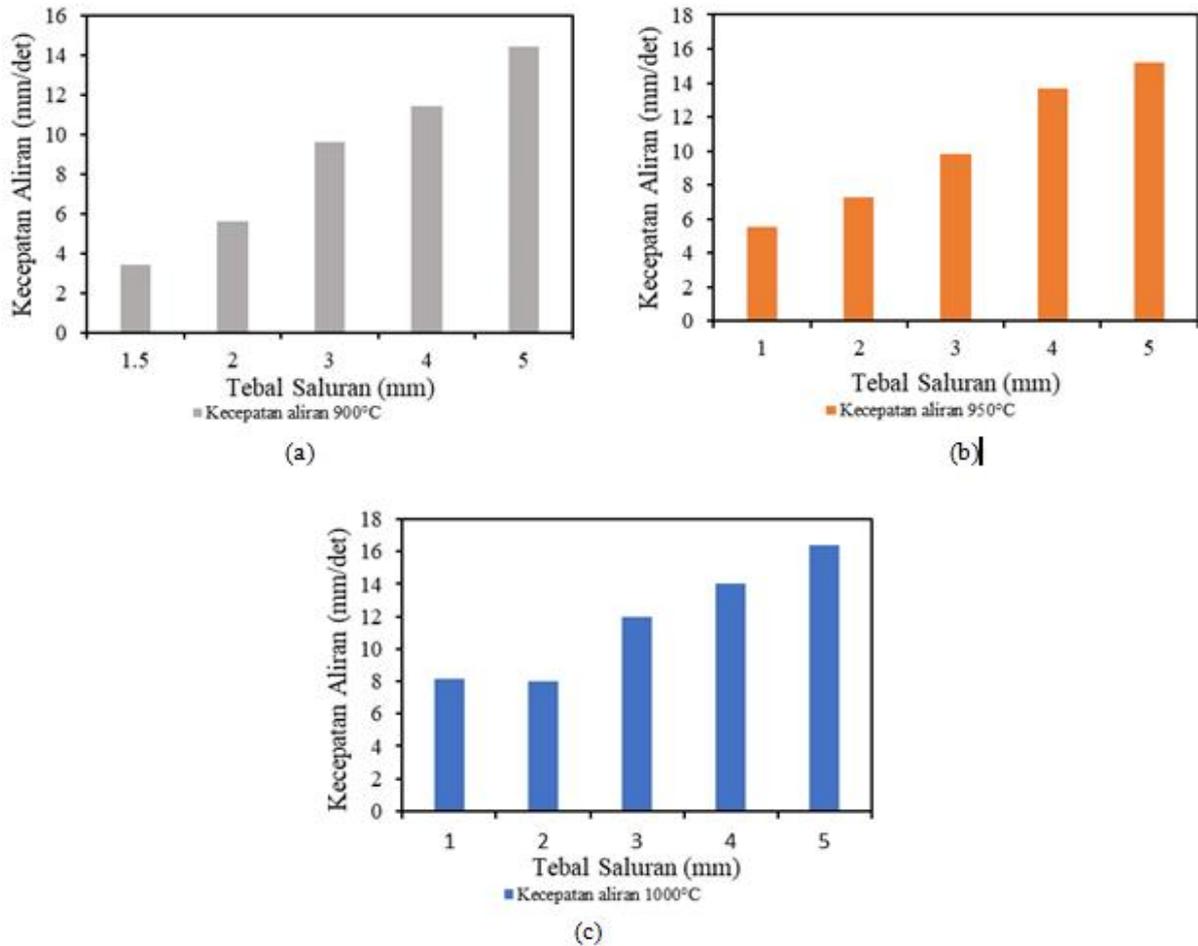
(b)

(c)

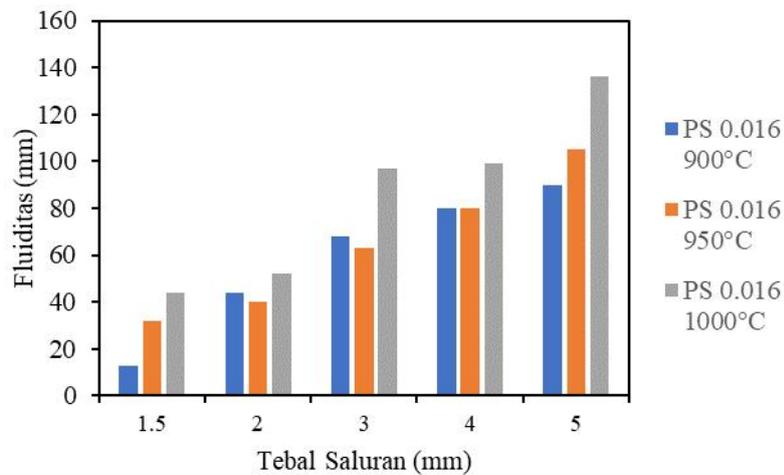
Gambar 3. (a) (b) (c) Kecepatan aliran terhadap ketebalan variasi saluran pada spesimen pola cetakan *polystyrene foam* 0,012 gr/cm³



Gambar 4. Fluiditas terhadap ketebalan variasi saluran pada spesimen pola cetakan *polystyrene foam* 0,014 gr/cm³

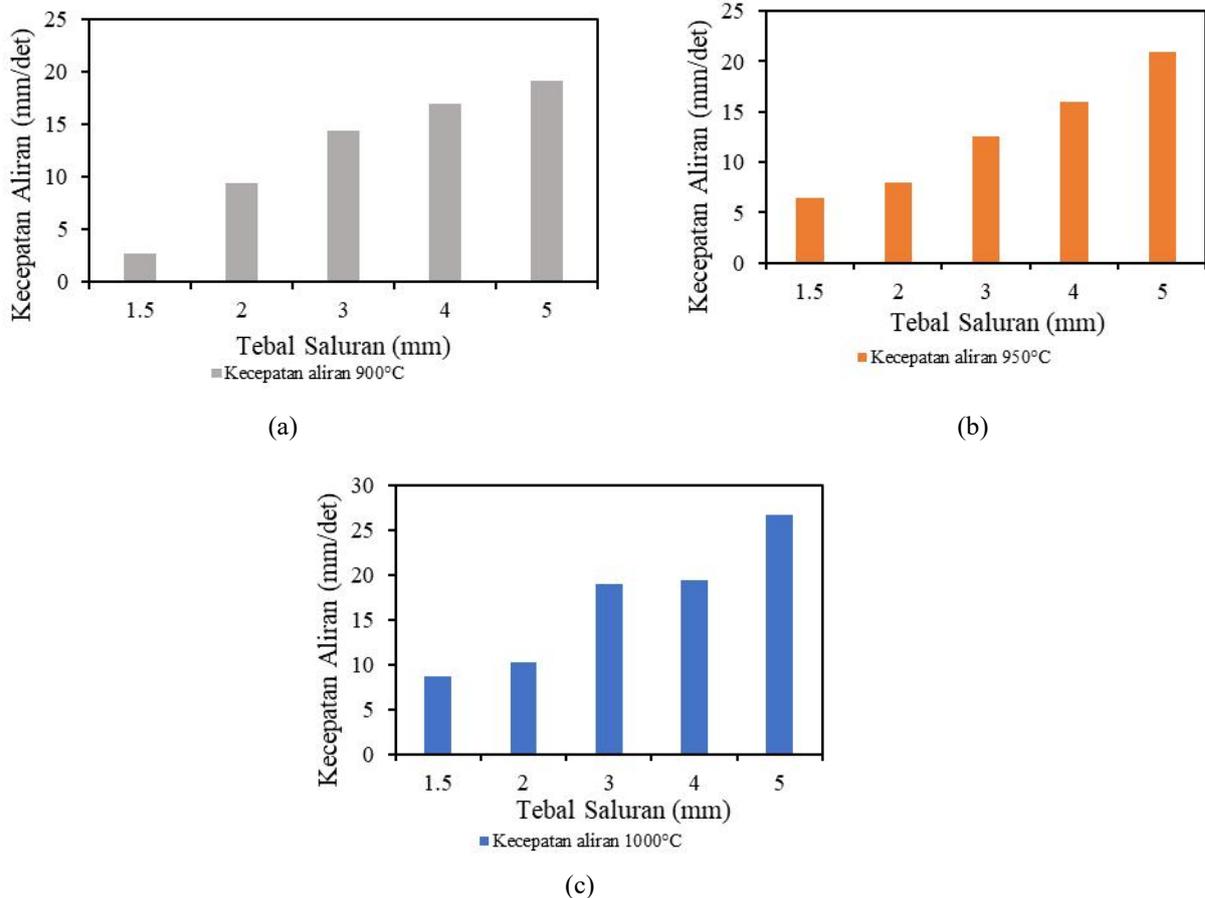


Gambar 5. (a) (b) (c) Kecepatan aliran terhadap ketebalan variasi saluran pada spesimen pola cetakan *polystyrene foam* 0,014 gr/cm³



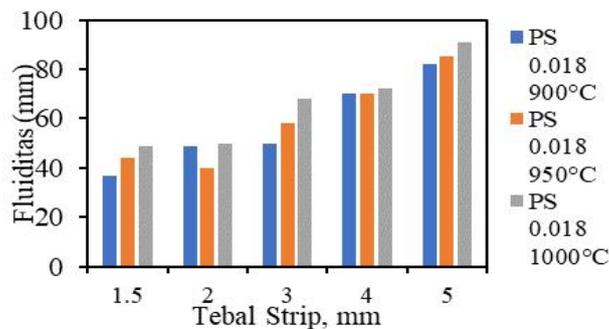
Gambar 6. Fluiditas terhadap ketebalan variasi saluran pada spesimen pola cetakan *polystyrene foam* 0,016 gr/cm³

Kecepatan aliran tertinggi sebesar 16,43 mm/det pada ketebalan 5 mm di temperatur 1000°C sedangkan kecepatan terendah didapat 3,4 mm/det pada ketebalan 1,5 mm di temperatur 900°C. Fluiditas tertinggi, gambar 7, pada ketebalan 5 mm dengan temperatur 1000°C sebesar 136 mm sedangkan fluiditas terendah didapat pada ketebalan 1,5 mm dengan temperatur 900°C sebesar 13 mm. Tegangan pada permukaan meningkat pada ketebalan yang paling kecil sehingga aliran lebih cepat membeku (Campbell dan Harding, 1994).



Gambar 7. (a) (b) (c) Kecepatan aliran terhadap ketebalan variasi saluran pada spesimen pola cetakan *polystyrene foam* 0,016 gr/cm³

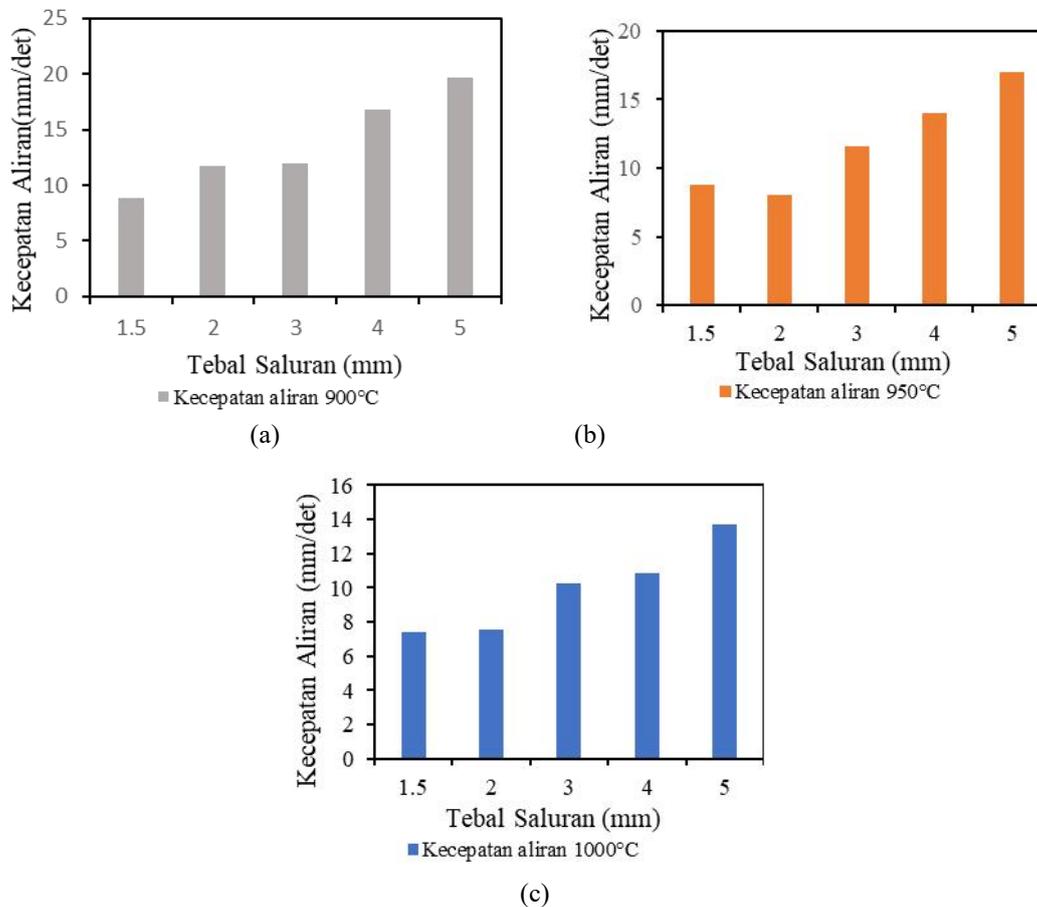
Kecepatan aliran tertinggi sebesar 26,61 mm/det pada ketebalan 5 mm di temperatur 1000°C sedangkan kecepatan terendah didapat 2,77 mm/det pada ketebalan 1,5 mm di temperatur 900°C.



Gambar 8. Fluiditas terhadap ketebalan variasi saluran pada spesimen pola cetakan *polystyrene foam* 0,018 gr/cm³

Fluiditas tertinggi, gambar 8, pada ketebalan 5 mm dengan temperatur 1000°C sebesar 91 mm sedangkan fluiditas terendah didapat pada ketebalan 1,5 mm dengan temperatur 900°C sebesar 37 mm. Tegangan pada

permukaan meningkat pada ketebalan yang paling kecil sehingga aliran lebih cepat membeku (Campbell & Harding, 1994). Meningkatnya suhu penuangan menunjukkan mempengaruhi transisi bertahap dari kondisi elastis ke plastis (Akhyar dkk, 2023).



Gambar 9. (a) (b) (c) Kecepatan aliran terhadap ketebalan variasi saluran pada spesimen pola cetakan *polystyrene foam* 0,018 gr/cm³

Kecepatan aliran tertinggi, gambar 9, sebesar 19,62 mm/det pada ketebalan 5 mm di temperatur 9000°C sedangkan kecepatan terendah didapat 7,37 mm/det pada ketebalan 1,5 mm di temperatur 1000°C. Berdasarkan dari pengujian yang telah dilakukan adanya solidifikasi dendrit pada ujung aliran logam cair sehingga menghambat laju alir. Solidifikasi logam cair merupakan proses penting yang berpengaruh terhadap kualitas coran dengan menghasilkan cacat susut dan hasil produk (Patel, dkk., 2014). Peningkatan ketebalan di setiap hasil pengecoran dikarenakan kurangnya pelapisan sehingga tebal tidak sesuai dengan pola cetakan. Fluiditas tertinggi didapat pada densitas *polystyrene foam* 0,012 gr/cm³ sebesar 150 mm di temperatur tuang 1000°C sedangkan fluiditas terendah pada densitas *polystyrene foam* 0,016 gr/cm³ sebesar 13 mm di temperature tuang 900°C. Hasil serupa juga diperoleh pada penelitian Akhyar dkk (2023).

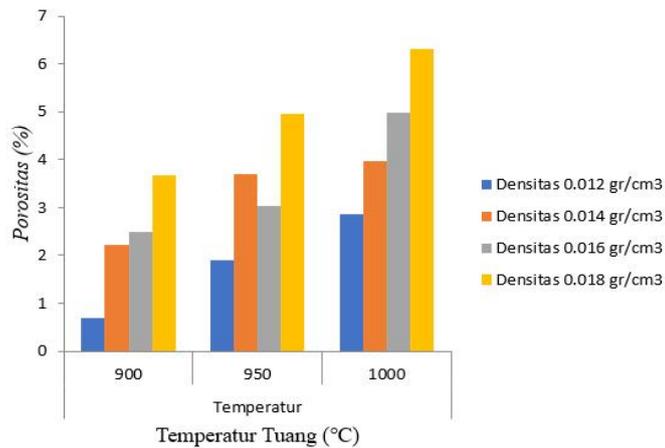
Karakteristik hubungan antara variasi saluran dengan kecepatan aliran, didapat kecepatan aliran tertinggi sebesar 26,61 mm/det pada ketebalan 5 mm di suhu penuangan 1000°C dengan densitas *polystyrene foam* 0,016 gr/cm³ sedangkan aliran terendah sebesar 2,37 mm/det pada ketebalan 1,5 mm dengan densitas *polystyrene foam* 0,012 gr/cm³.

3.2 Hasil uji porositas

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari data pengujian porositas, gambar 10, yang dilakukan pada coran kuningan pada setiap densitas *polystyrene foam* terdapat penurunan nilai densitas coran Kuningan pada benda uji dengan temperatur pengecoran tinggi. Nilai Porositas coran kuningan terendah diperoleh pada sampel uji yang menggunakan *polystyrene foam* density 0,012 gr/cm³ pada suhu 900°C yaitu porositas 0,69%, sedangkan nilai porositas pengecoran kuningan terbesar diperoleh pada sampel dengan densitas *polystyrene foam* 0,018 gr/cm³

pada temperatur 1000°C setara dengan 8,178 gr/cm³ dengan porositas yaitu sebesar 6,32% Perbedaan porositas ini disebabkan oleh sejumlah faktor.

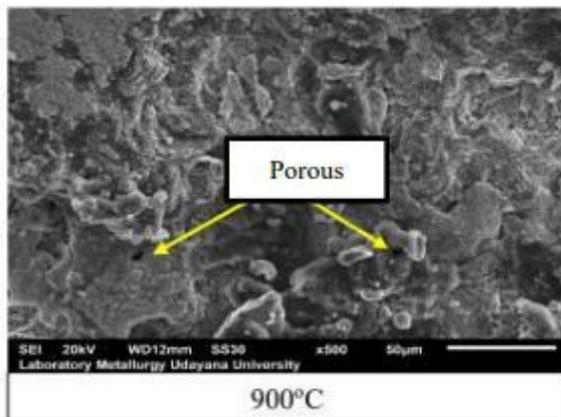
1. Tekanan gas balik (*back pressure*) yang terjadi pada saat pengecoran dimana semakin tinggi kerapatan *polystyrene foam* akan semakin besar juga tekanan balik yang dihasilkan karena logam cair semakin susah ketika mencairkan *polystyrene foam*. Tekanan gas balik semakin besar mengakibatkan terjadinya turbulensi pada aliran membuat banyak udara yang terjebak didalam coran. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Junaidy, 2010) , yang menyatakan bahwa semakin tinggi densitas *polystyrene foam* akan meningkatkan *back pressure* yang terjadi.
2. Pada temperatur tinggi laju pembekuan menjadi semakin panjang yang menghasilkan bentuk struktur mikro yang Panjang (Puspitasari dkk, 2017). Bentuk struktur mikro yang panjang ini akan menghasilkan porositas yang semakin besar.



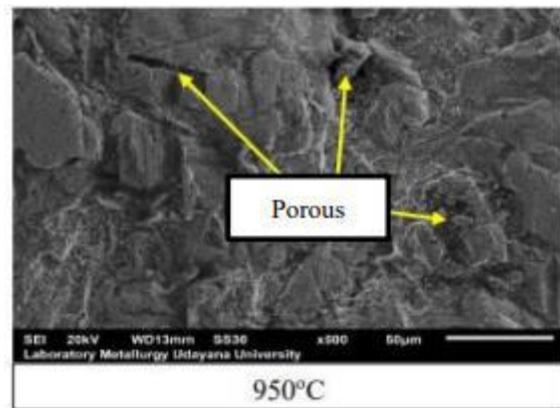
Gambar 10. Hasil uji porositas

3.3 Hasil pengamatan SEM

Uji SEM dilakukan pada spesimen dengan kerapatan 0,012 dan 0,018 gr/cm³ pada temperatur 900°C, 950°C dan 1000°C dengan pembesaran 500x.

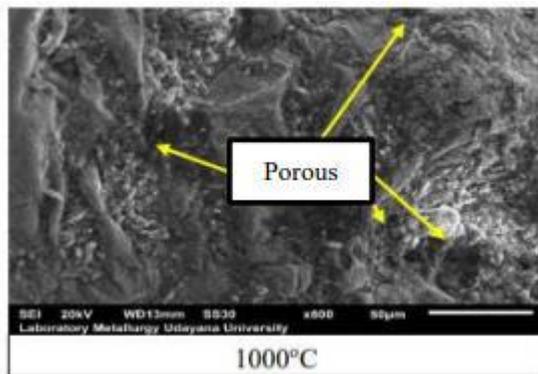


Gambar 11. Hasil uji SEM PS 0,012 gr/cm³

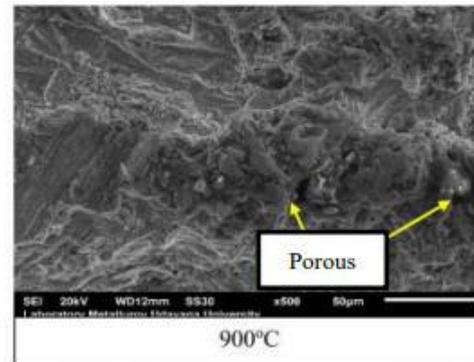


Gambar 12. Hasil uji SEM PS 0,012 gr/cm³

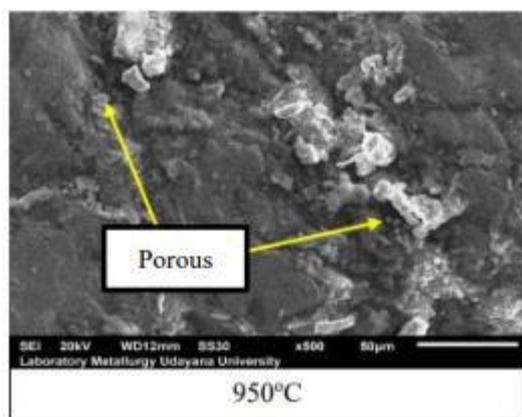
Hasil pengamatan SEM tampak bahwa temperatur tuang semakin tinggi dan desitas *polystyrene foam* yang semakin besar berdampak pada banyaknya prositas yang timbul.



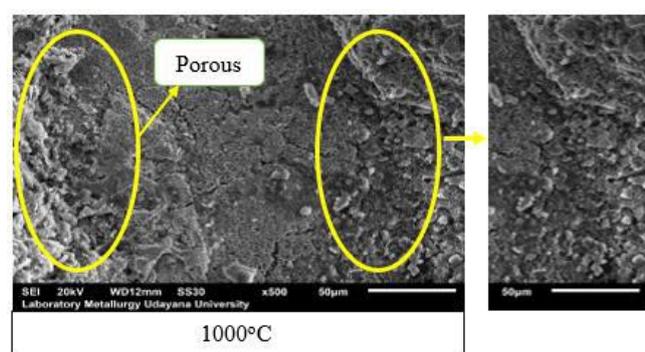
Gambar 13. Hasil uji SEM PS 0,012 gr/cm³



Gambar 14. Hasil uji SEM PS 0,018 gr/cm³



Gambar 15. Hasil uji SEM PS 0,018 gr/cm³



Gambar 16. Hasil uji SEM PS 0,018 gr/cm³

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian fluiditas dan porositas dapat disimpulkan bahwa fluiditas meningkat dengan meningkatnya temperatur penuangan dan ketebalan saluran inti pengecoran. Kecepatan aliran meningkat dengan bertambahnya temperatur tuang. Semakin tinggi densitas *polystyrene foam* dan semakin tinggi temperatur tuang akan meningkatkan porositas hasil coran kuningan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Udayana (LPPM Unud) yang telah membiayai penelitian ini. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhyar, Iqbal, Nurdin, A., Husni, H., Effect of variations in pouring temperature on tensile strength of CuZn cast alloy, Jurnal Elsevier Material Letter, 10(17), 2023.
- Ashar, L., Purwanto, H., Respati, S., Analisis pengaruh model sistem saluran dengan pola styrofoam terhadap sifat fisis dan kekerasan produk puli pada proses pengecoran aluminium daur ulang, Jurnal Momentum UNWAHAS, 8(1), 48-55, 2018.
- Campbell, J., Fluidity molten metal, Complete Casting Handbook, University of Birmingham, 1994.
- Campbell, J., Harding, R. A., The fluidity of molten metals, Training in aluminium application technologies, ASM Metal Handbook (15), 1994.

- Flemings, M.C., Solidification processing, Metall Trans., 5(10), 2121–2134, 2018,
- Jacob, E., Chiniwar, D.S., Savithri, S., Manoj, M., and Sasikumar R., Simulation-based feeder design for metal castings, Indian foundry J., 59(12), 1–6, 2013.
- Junaidy, I., Pengaruh kerapatan polystyrene foam terhadap mampu alir dan kualitas coran paduan aluminium 356.1 yang dicor dengan metode evaporative, Mekanika, 9(1), 243–246, 2010.
- Pacyniak, T., Kaczorowski R., Effect of pouring temperature on the lost foam process, Arch Foundry Eng, 11(3), 149–154, 2011.
- Puspitasari, P., Permanasari, A.A., Andoko, P.B.A., Properties of brass under different pouring temperature in sand casting process. Journal of Mechanical Engineering Science and Technology, 1(2), 95-99, 2017
- Priambadi, I.G.N., Sugita, I.K.G., Bagus, I., Asmara, G., Dewi, A.A.I.A.S.K., Pengaruh temperatur penuangan terhadap fluiditas dan struktur mikro logam kuningan pada metode evaporative casting, Jurnal Energi dan Manufaktur, 10(2), 71–75, 2018.
- Patel, A.G., Poonawala T.Y., Sanghani, D.V., Sukhadia, D.V., Simulation and experimentation casting feeder design project report, Dept. of Mechanical Engineering, Dharmsinh Desai University, Nadiad, 2018.
- Pacyniak, T., Effect of foamed pattern density on the lost foam process, Materials Science, 7(3), 231–236, 2017.
- Siavashi, K., The effect of casting parameters on the fluidity and porosity of aluminum alloys in the lost foam casting process, Ph.D thesis of Faculty of Engineering of The University of Birmingham, 2011.
- Sutiyo, Metode pengecoran lost foam menjawab tantangan dunia, Foundry, 3(1), 21–29, 2013.