

ANALISIS JARAK TITIK PENGUKURAN TEMPERATUR TUANG PADA KUALITAS CORAN ALUMINIUM DAUR ULANG

Dedy Masnur¹, Abdur Rasyad², Putri Nawangsari³, Ridwan Abdurrahman⁴

Universitas Riau

Jl. HR. Soebrantas km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293, Riau, Indonesia

E-mail: dedy.masnur@lecturer.unri.ac.id¹

Abstract

The melt exhibits non-uniform temperature in a crucible at the surface, middle, and bottom. Thus, selecting the proper measurement location is essential since it affects the casting quality. This study investigates the proper temperature measurement location of recycled aluminum cans in investment casting. The selection was made based on casted samples' tensile strength and porosity. The pattern was prepared using the polylactic acid mold, then coated by dipping it in ceramic slurry, and then dewaxed at 120°C. The aluminum cans were heated up to 700°C, and the temperature was measured at 50 mm from the crucible bottom. Finally, the melt was poured into a 100°C ceramic shell. The processes were repeated with the measurement at 125 and 200 mm. The samples were characterized through tensile tests and porosity measurements. The results show that the optimum tensile strength (112.97 MPa) and minimum porosity (6.367%) were found in the 125 mm sample.

Keywords: *tensile strength, porosity, investment casting, temperature measurement point*

Abstrak

Temperatur logam cair tidak seragam di permukaan, tengah, dan dasar kowi. Pemilihan lokasi pengukuran yang tepat sangat penting karena mempengaruhi kualitas pengecoran. Studi ini menyelidiki titik pengukuran suhu kaleng aluminium daur ulang pada pengecoran investment. Pemilihan dilakukan berdasarkan kekuatan tarik dan porositas sampel yang dicor. Pola dibuat menggunakan cetakan using polylactic acid. Pola dilapisi dengan mencelupkannya ke dalam bubur keramik kemudian didewaxing pada temperatur 120°C. Kaleng aluminium dipanaskan hingga 700°C, suhu diukur pada 50 mm dari dasar kowi. Logam cair dituangkan ke dalam cetakan keramik saat temperaturnya 100°C. Proses diulang dengan pengukuran untuk lokasi 125 dan 200 mm. Sampel dikarakterisasi melalui uji tarik dan pengukuran porositas. Hasil menunjukkan kekuatan tarik optimum (112,97 MPa) dan porositas minimum (6,367%) ditemukan pada sampel dengan lokasi pengukuran temperatur 125 mm dari dasar kowi.

Kata kunci: *kekuatan Tarik, porositas, investment casting, titik pengukuran temperatur*

1. Pendahuluan

Faktor yang mempengaruhi kualitas produk cor yang berkualitas pada komposisi yang dikehendaki salah satunya adalah temperatur tuang [1]. Temperatur tuang merupakan hal penting yang harus diperhatikan karena sangat berpengaruh pada pembentukan stuktur mikro dan sifat mekanis sehingga didapatkan hasil cor yang mempunyai sifat fisik yang baik [2]. Permukaan coran menjadi lebih kasar jika temperatur tuang cukup tinggi. Peningkatan temperatur tuang menurunkan tegangan permukaan pada logam cair. Penurunan tersebut memungkinkan logam cair mengisi pori-pori pada permukaan cetakan.

Setiyani dan Irfai (2018) melakukan pengujian menggunakan temperatur tuang 680°C, 705°C, 730°C, 755°C dan 780°C [3]. Nilai kekuatan tarik pada material menunjukkan peningkatan fluktuatif dengan peningkatan tertinggi terjadi pada temperatur tuang 705°C yaitu sebesar 169,6 MPa dan kekuatan tarik terendah terjadi pada temperatur 680°C. Kuncoro dkk. (2016), memvariasikan temperatur tuang 650°C, 700°C dan 750°C di temperatur cetakan 200 dan memvariasikan temperatur cetakan 100°C, 200°C dan 300°C di temperatur tuang 700°C [4]. Nilai kekuatan Tarik yang pada temperatur tuang 650°C ke 700°C mengalami peningkatan sebesar 23,45% yaitu 141,097 MPa meningkat menjadi 174, 183 MPa. Penurunan kekuatan tarik pada temperatur

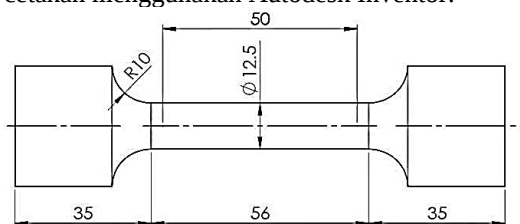
tuang 700°C ke 750°C sebesar 36,33% yaitu 174,183 MPa menurun menjadi 110,900 MPa. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat pengecoran dengan temperatur tuang 700°C dan temperatur cetakan 100°C menghasilkan kekuatan tarik yang optimal. Kekuatan tarik cenderung berkurang dengan meningkatnya temperatur tuang diatas 700°C.

Peningkatan temperatur tuang meningkatkan kandungan hidrogen pada alumunium cair [5]. Aluminium paduan hasil pengecoran rentan terhadap cacat porositas. Porositas adalah suatu cacat atau *void* pada produk cor yang dapat menurunkan kualitas benda tuang. Porositas terjadi akibat gas hidrogen dalam benda cetak akan memberikan pengaruh yang buruk pada kekuatan serta kesempurnaan dari benda tuang tersebut [6]. Lutiyaatmi & Sonianto (2022), melaporkan pengaruh temperatur tuang terhadap porositas bahan dasar alumunium pada temperatur tuang 680°C dan 715°C [7]. Pengecoran pada temperatur tuang 680°C menghasilkan persentase porositas 1,18% dan temperatur tuang 715°C menghasilkan persentase porositas 1,84%. Persentase porositas lebih tinggi pada temperatur 715°C.

Temperatur logam cair dalam kowi tidak seragam. Temperatur permukaan lebih rendah dari temperatur pada posisi yang relatif lebih jauh dari permukaan. Hal ini disebabkan karena jarak dari sumber kalor atau jarak dari tempat pelepasan panas. Perpindahan panas terjadi dari daerah yang temperaturnya lebih rendah menuju daerah temperatur yang lebih tinggi [8]. Adanya perbedaan besaran temperatur terhadap jarak menjadikan alasan pemilihan lokasi pengukuran temperatur sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi lokasi yang tepat untuk mengukur temperatur tuang. Ketepatan lokasi ditentukan berdasarkan nilai optimum kekuatan tarik dan tingkat porositas.

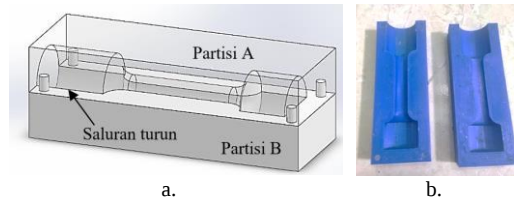
2. Metodologi

Pola lilin didesain berdasarkan bentuk specimen uji tarik standar ASTM E8 (**Gambar 1**). Desain tersebut dijadikan dasar untuk membuat cetakan menggunakan Autodesk Inventor.



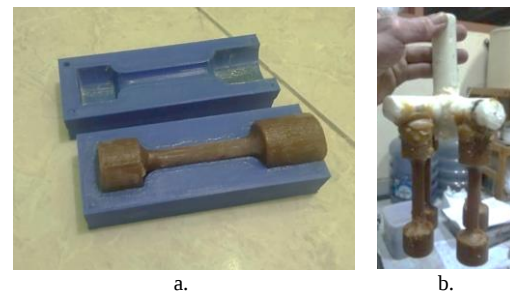
Gambar 1. Desain specimen standar ASTM E8

Cetakan dibagi dalam dua partisi dengan satu saluran turun pada bagian atas (**Gambar 2a**). Selanjutnya dilakukan pencetakan dengan *printer* 3D (**Gambar 2b**).



Gambar 2. Desain dan cetakan pola lilin berbahan PLA (*Polylactic Acid*)

Pola lilin dicetak dengan terlebih dulu memanaskan lilin hingga temperatur 53-68 °C [9]. Cairan lilin dituang pada cetakan kemudian dibuka setelah 30 menit (**Gambar 3a**). Jumlah yang dicetak 9 pola. Pola-pola yang sudah dicetak disatukan pada satu saluran turun, satu saluran turun terhubung untuk empat pola (pohon pola) (**Gambar 3b**).



Gambar 3. Pola yang sudah dicetak (a) dan penggabungan pola (b)

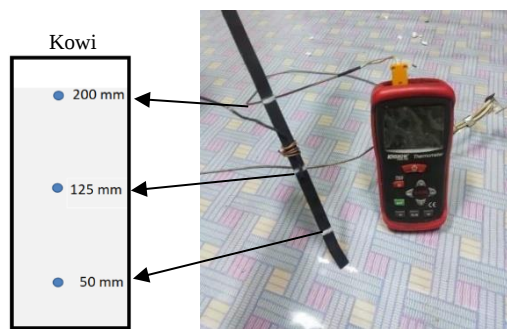
Pohon pola dicelupkan dalam lumpur keramik lalu dikeringkan secara alami untuk membentuk lapisan. Pembuatan lapisan dilakukan hingga ketebalan lapisan 1 cm.



Gambar 4. Pembuatan lapisan

Dewaxing dilakukan dengan memanaskan cetakan diatas tungku krusibel hingga suhu 120 °C selama 120 menit kemudian dilanjutkan dengan sinter pada suhu 400 °C [10].

Sebuah mal dengan termokopel disiapkan untuk pengukuran temperatur pada titik-titik 50, 125, dan 200 mm dari dasar kowi (**Gambar 5**). Aluminium kaleng dilebur pada tungku krusibel pada temperatur 700 °C secara bersamaan cetakan dipanaskan hingga suhu 300 °C. Langkah pertama menempatkan termokopel pada posisi 50 mm, kemudian dilakukan pengukuran ke dalam logam cair. Saat temperatur 700 °C, dilakukan penuangan pada cetakan. Logam cair dibiarkan membeku kemudian dilakukan pembongkaran. Langkah ini dilakukan kembali untuk posisi termokopel pada 125 dan 200 mm.



Gambar 5. Mal untuk posisi pengukuran 50, 125, dan 200 mm.

Kualitas coran ditentukan berdasarkan kekuatan tarik dan porositas sampel. Kekuatan tarik didapatkan dengan menguji pada alat *Universal Testing Machine* HUNG TA HT-8503 di Politeknik Kampar. Densitas aktual (D_a) diukur menggunakan alat *Electronic Densimeter* MDS-300. Data ini digunakan untuk menghitung porositas dengan persamaan [6]:

$$\rho\% = \left(1 - \frac{D_a}{D_{th}} \times 100\%\right) \quad (1)$$

Keterangan:

ρ : porositas

D_a : densitas aktual (gr/cm^3)

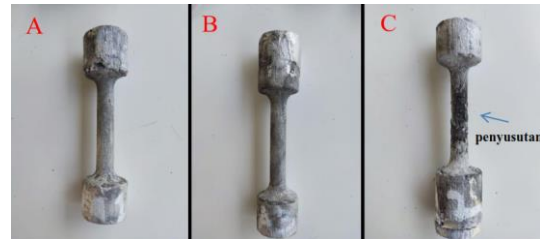
D_{th} : densitas teoritis (gr/cm^3)

Analisis jarak titik pengukuran dilakukan dengan menghubungkan dengan nilai kekuatan tarik dan porositas.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengecoran untuk tiap-tiap titik pengukuran ditunjukkan pada **Gambar 6**. Sampel A dan B (jarak titik pengukuran 50 dan 125 mm) mempunyai permukaan yang halus (**Gambar 6a,b**) dan ukuran yang sesuai dengan desain pola lilin. Sampel C (jarak titik pengukuran 200 mm)

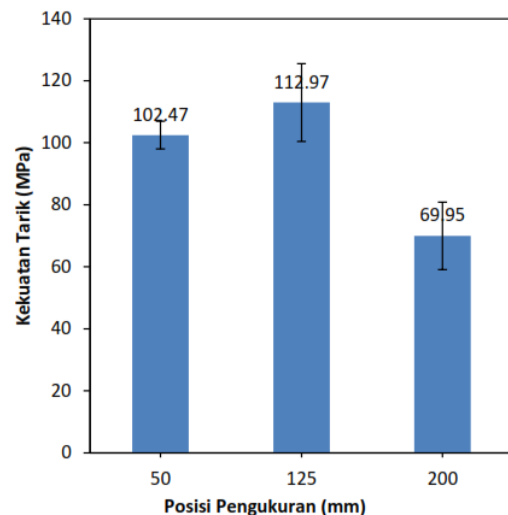
memiliki permukaan yang kasar dan terdapat penyusutan. (**Gambar 6c**).



Gambar 6. Benda cor untuk titik pengukuran 50 (a), 125 (b), dan 200 mm (c).

3.1. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik sampel untuk masing-masing titik pengukuran ditunjukkan pada (**Gambar 7**). Kekuatan tarik tertinggi didapat pada titik pengukuran 125 mm yaitu 112,97 MPa dan terendah pada jarak 50 mm (102,47 MPa).

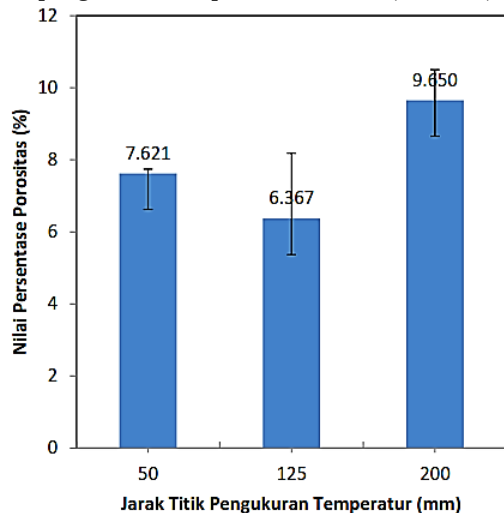


Gambar 7. Kekuatan tarik pada posisi pengukuran 50, 125, dan 200 mm.

Perbedaan nilai kekuatan tarik yang dihasilkan disebabkan karena adanya perbedaan temperatur pada tiap-tiap bagian paduan aluminium cair. Dimana pada bagian permukaan mempunyai temperatur yang lebih rendah daripada temperatur pada bagian dibawah permukaan. Temperatur tuang tinggi laju pembekuan lebih lambat dari temperatur tuang rendah. Perbedaan laju tersebut mempengaruhi pertumbuhan inti [4]. Laju pembekuan yang cepat akan membentuk struktur butir yang halus dengan pertumbuhan inti lebih banyak karena kecepatan pengintian lebih besar dari waktu tumbuh. Pembekuan dengan laju pembekuan lambat membentuk struktur butir yang kasar atau besar. Struktur butir yang halus memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan struktur butir yang kasar. Butiran halus ini akan membentuk banyak batas butir yang mampu menghambat gerakan dislokasi sehingga meningkatkan kekuatan paduan [11].

3.2. Porositas

Persentase porositas memiliki kecenderungan nilai yang fluktuatif (Gambar 8). Sampel pada titik pengukuran temperatur 125 mm menunjukkan nilai porositas yang lebih rendah (7,621 %) dari nilai porositas sampel pada titik pengukuran temperatur 50 mm (6,367 %). Porositas tertinggi ditunjukkan pada sampel pada titik pengukuran temperatur 200 mm (9,650 %).



Gambar 8. Persentase porositas berdasarkan jarak titik pengukuran

Perbedaan nilai porositas terjadi karena adanya perbedaan temperatur bagian dekat permukaan (200 mm) dan bagian jauh dari permukaan (50 mm). Temperatur dekat permukaan lebih rendah karena daerah tersebut berbatasan dengan lingkungan sehingga perpindahan panas yang cukup masif terjadi. Perpindahan panas dari daerah bertemperatur lebih tinggi menuju daerah temperatur yang lebih rendah [8]. Daerah dengan temperatur tinggi (titik pengukuran 200 mm) memiliki persentase porositas tinggi karena adanya kecenderungan logam untuk mengikat gas hydrogen di udara. Hydrogen yang larut selama peleburan akan tertinggal setelah proses pembekuannya. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Campbell (2015) dan Lutiyaatmi dan M. Sonianto (2022) bahwa porositas meningkat seiring dengan peningkatan temperatur [7], [12].

Data porositas (Gambar 8) menunjukkan kesesuaian dengan data uji tarik (Gambar 7). Persentase porositas yang tinggi terjadi didapatkan pada sampel dengan kekuatan tarik rendah. Sampel dengan persentase porositas tinggi mengandung banyak gas-gas yang terperangkap dalam bentuk lubang-lubang kecil.

Jika sampel mendapat beban atau gaya lubang-lubang ini akan menjadi tempat konsentrasi tegangan yang kemudian menginisiasi retak. Sampel dengan jumlah lubang lebih banyak mengalami penurunan kekuatan tarik. Hasil serupa juga diungkapkan Aqida dkk. (2012) dan L. Anggraini and Sugeng (2018) [13], [14].

4. Simpulan

Jarak titik pengukuran temperatur yang tepat didapat pada sampel dengan jarak titik pengukuran temperatur 125 mm dari dasar kowi dengan kekuatan tarik dan porositas yang secara berurutan 112,97 MPa dan 6,367 %. Hasil ini dapat menjadi acuan pada aplikasi pengecoran *investment*.

Daftar Pustaka

- [1] Sutiyo, "Metode Pengecoran Lost Foam Menjawab Tantangan Dunia," *J. Foundry*, vol. 3, pp. 21–29, 2013.
- [2] F. P. Putra and R. Siswanto, "Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Porositas, Struktur Mikro Dan Kekerasan Dari Aluminium Rongsok Velg Menggunakan Pengecoran Evaporatif," *Jtam Rotary*, vol. 3, no. 2, pp. 219–232, 2021, doi: 10.20527/jtam_rotary.v3i2.4119.
- [3] E. Setyani and M. A. Irfai, "Studi Temperatur Tuang Terhadap Kekuatan Tarik Paduan Al-Si dengan Menggunakan Cetakan Pasir," *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 5–9, 2018.
- [4] W. L. K. Apris, D. Masnur, and M. Dalil, "Studi Karakteristik Mekanik dan Struktur Mikro Coran Aluminium Minuman Kaleng" vol. 3, no. 2, 2016.
- [5] J. Campbell, *Castings*, 2nd ed. Burlington MA 01803 First: Butterworth-Heinemann, 2003.
- [6] R. Siswanto, A. Ghofur, and K. A. K. Kepakisa, "Analisis Porositas dan Kerasan Paduan Al-12,6%Si dengan Variasi Waktu Tunggu dalam Cetakan dan Media Pendingin Hasil Pengecoran Evaporative," *Jukung (Jurnal Tek. Lingkungan)*, vol. 4, no. 1, pp. 72–81, 2018, doi: 10.20527/jukung.v4i1.4663.
- [7] Lutiyaatmi and M. Sonianto, "Peleburan Aluminium dengan Variasi Suhu 680 °C dan 715 °C," *J. Foundry Politekn. Manufaktur Ceper*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [8] Y. A. Cengel, "Heat Transfer: A Practical Approach," *Mc Graw-Hill*, pp. 785–841, 2003

- [9] Adri and D. Masnur, "Studi kekasaran permukaan produk investment casting aluminium minuman kaleng bekas dengan parameter temperatur tuang dan ukuran butir lempung," *J. Online Mhs.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [10] R. Rosandi and D. Masnur, "Influence Of Pouring Temperatures to Fluidity Of Aluminium Scrap Cans With Investment Casting Using Natural Clays as Mould Materials," *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 2, pp. 3–5, 2016.
- [11] J. William D. Callister, *Fundamentals of Materials Science and Engineering An Interactive*, 5th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- [12] J. Campbell, *Complete Casting Handbook*. 2015.
- [13] S. N. Aqida, M. I. Ghazali, and J. Hashim, "Effect of Porosity on Mechanical Properties of Metal Matrix Composite: An Overview," *J. Teknol.*, pp. 17–32, 2012, doi: 10.11113/jt.v40.395.
- [14] L. Anggraini and Sugeng, "Analysis of Porosity Defects in Aluminum as Part Handle Motor Vehicle Lever Processed by High-pressure Die Casting," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 367, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/367/1/012039.