

Analysis of Physical and Mechanical Properties of Recycled Aluminum With Variations In Molding Temperatures And Adding Degasser Powder As An Environmentally Friendly Material

Zainal Abadi^{1*}, Andre Kurniawan², Andril Arafat³, Susi Marisa⁴

^{1,2,3} Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

⁴ Department of Mathematics Education, Faculty of Education and Teaching. UIN Sulthan Thaha Saipuddin Jambi. INDONESIA

*Corresponding author: zainalabadi@ft.unp.ac.id

Received March 1st 2024; Revised April 25th 2024; Accepted May 27th 2024 ...*(diisi oleh editor)*

Abstract

Recycling is the process of converting used materials into new materials to prevent material waste, reduce the use of new raw materials, reduce energy use, reduce pollution, and land damage. The purpose of this study was to determine the most optimal pouring temperature to produce the best casting of the physical and mechanical properties of recycled aluminum material added with degasser powder. The urgency of this study is as a research material in the field of materials. The method of this research is to carry out 3 variations of melting temperature before being poured into the mold, the temperature variations used are 675⁰-700⁰C, 700⁰-725⁰C and 725⁰-750⁰C. At each temperature variation before being poured into the mold, degasser powder is also added. After the sample is molded, the results are observed visually, then specimens are made to test the mechanical properties of the used aluminum castings. The test data shows that there is a fairly large porosity value in each variation. The hardness value of the test results shows a direct relationship to the temperature variation. At a temperature of 725⁰-750⁰C, the average hardness value is 98.5 HVN. While the tensile strength value at a temperature of 725⁰-750⁰C is 83.58 Mpa, at a temperature of 700⁰-725⁰C = 74.39 Mpa and at a temperature of 675⁰-700⁰C = 71.5 Mpa. Thus the most optimal temperature in the aluminum casting used is 725⁰-750⁰C.

Keywords: Casting, Sand Molding, Scrap Aluminum Temperature, Hardness Test, Degasser

Analisis Sifat Fisika dan Mekanik Aluminium Daur Ulang Dengan Variasi Temperatur Pencetakan dan Penambahan Degasser Powder Sebagai Material Ramah Lingkungan

Abstrak

Daur ulang merupakan proses mengubah bahan bekas menjadi bahan baru tujuannya mencegah terjadinya pemborosan material, mengurangi penggunaan bahan baku baru, mengurangi penggunaan energi, mengurangi polusi, kerusakan lahan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui berapa suhu penuangan yang paling optimal untuk menghasilkan pengecoran terbaik terhadap sifat fisik dan mekanik material dari aluminium daur ulang yang ditambahkan serbuk degasser. Urgensi dari penelitian ini adalah sebagai bahan penelitian di bidang material. Metode penelitian ini yaitu melakukan 3 variasi temperatur leleh sebelum dituang ke dalam cetakan, variasi temperatur yang digunakan yaitu 675°C - 700°C , 700°C - 725°C dan 725°C - 750°C . Pada setiap variasi temperatur sebelum dituang ke dalam cetakan juga ditambahkan serbuk degasser. Setelah sampel dicetak, hasilnya diamati secara visual, kemudian dibuat spesimen untuk menguji sifat mekanik dari coran aluminium bekas tersebut. Data hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat nilai porositas yang cukup besar pada setiap variasinya. Nilai kekerasan hasil pengujian menunjukkan berbanding lurus dengan variasi temperatur. Pada temperatur 725°C - 750°C nilai kekerasan rata-ratanya sebesar 98,5 HVN. Sedangkan nilai kuat tarik pada temperatur 725°C - 750°C adalah 83,58 Mpa, pada temperatur 700°C - 725°C = 74,39 Mpa dan pada temperatur 675°C - 700°C = 71,5 Mpa. Dengan demikian temperatur paling optimal pada pengecoran aluminium yang digunakan ini adalah 725°C - 750°C .

Kata kunci: Pengecoran, Cetakan Pasir, Temperatur Aluminium Bekas, uji kekerasan, Degasser

I. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan material yang nilai kekerasannya rendah, kuat, ringan, dan serta dapat dibentuk bervariasi antara keperakan dan kelabu. Kekuatan Tarik aluminium adalah 90 MPa, dan pada aluminium dengan berbagai paduan mempunyai kekuatan tarik berkisar 200-600 MPa.(Putra et al., 2021)

(Siswanto & Studi Teknik Mesin, n.d.) menerangkan dalam memenuhi kebutuhan pasar dari aluminium pengecoran saat ini harus difokuskan pada peningkatan kualitas bahan logam untuk pengembangan saat proses pengecoran. Proses fokus pada paduan dan menghindari segala jenis kotoran seperti porositas, inklusi yang merupakan masalah serius dalam memproduksi hasil pengecoran yang berkualitas. Inklusi merupakan gas hidrogen yang terlarut pada cairan aluminium yang menyebabkan terjadinya *porosity* pada hasil pengecoran. keterlarutan hidrogen akan naik apabila temperatur mengalami kenaikan. Tingkat *homogen* larutan hidrogen pada paduan aluminium memiliki perbedaan. Pada waktu proses pembekuan, gas hidrogen masih meninggalkan sisa mengakibatkan terjadinya cacat pada hasil pengecoran.

Proses daur ulang material merupakan proses untuk mengubah bahan sisa menjadi seperti baru untuk tujuan mengurangi adanya limbah yang seharusnya dapat menjadi hal memiliki kegunaan yang baik, mengurangi penggunaan bahan baku yang baru, mengurangi pemborosan energi, mengurangi pencemaran udara, mengurangi kerusakan lahan, dan menurunkan tingkat emisi gas rumah kaca jika dibanding dengan proses pengecoran menggunakan material baru (Hidayanto et al., 2018; Siswanto & Studi Teknik Mesin, n.d.)

Pengecoran logam adalah salah satu cara yang banyak ditempuh untuk membuat alat-alat atau benda teknik ataupun benda untuk yang digunakan dalam kebutuhan keseharian. Peralatan atau benda

keteknikan yang terbuat dari logam diproses menggunakan proses pengecoran logam, sehingga pengecoran logam memiliki peranan yang penting dalam proses memproduksi peralatan atau benda yang terbuat dari logam.

Menurut (Putra et al., 2021) Jenis pengecoran yang sering dipakai pada industri pengecoran skala kecil maupun industri kecil adalah jenis pengecoran dengan metode *sand casting*. Kelebihan terbesar dari menggunakan metode *sand casting* yaitu semua jenis logam bisa dituangkan kedalam pasir cetak, serta ukuran yang bervariasi dari ukuran kecil hingga ukuran sangat besar. Temperatur tuang pada saat pengecoran adalah hal yang sangat dibutuhkan dalam pengecoran, karena akan sangat berpengaruh terhadap hasil cetakan. Temperatur aluminium yang sangat tinggi mempengaruhi fluiditas pada aluminium cair cukup besar. (Djafar Shieddique et al., n.d.)

Penelitian dilakukan dan mengarah sesuai tujuan, tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut : 1. Mengetahui seberapa besarnya temperatur tuang yang paling optimal dalam menghasilkan coran yang terbaik terhadap sifat fisik dan sifat mekanik dari material dari Aluminium daur ulang yang ditambah dengan serbuk degasser. Hasil penelitian ini nanti bisa menjadi acuan untuk mendaur ulang limbah-limbah aluminium untuk dapat di olah menjadi bahan baku untuk pembuatan perkakas dan produk lainnya (Abadi et al., 2021).

Tujuan Penelitian pertama untuk mengetahui dampak temperature tuang pada pengecoran aluminium bekas yang ditambah serbuk degasser terhadap sifat fisik material. Kedua untuk mengetahui pengaruh temperatur cetakan pada pengecoran aluminium bekas yang ditambah serbuk *degasser* terhadap sifat mekanik material

Urgensi Penelitian ini adalah sebagai bahan penelitian dalam bidang material, pengecoran material logam adalah proses untuk merubah bahan sisa pemakaian menjadi bahan baru yang tujuannya adalah untuk mencegah adanya pencemaran lingkungan menjadi sesuatu yang berguna, dapat menurunkan penggunaan bahan baku yang baru, pemborosan energi, serta mengurangi terjadinya polusi. Selain itu penelitian ini juga berkontribusi pada mata kuliah teknologi mekanik, teknologi permesinan, pengecoran logam dan metalurgi mekanik.

Pengecoran adalah cara membuat suatu alat atau benda dengan cara meleburkan dan menuangkan bahan yang dicairkan kedalam *furnance* (dapur kupola). Adapun teknik pengecoran bisa diklasifikasi menjadi dua yaitu, teknik pengecoran tradisional dan teknik pengecoran non-tradisional (Raza et al., 2021). Hal-hal yang dapat mempengaruhi proses pengecoran, yaitu: Tingkat kekentalan logam cair yang dapat mempengaruhi *fluiditas* logam cair, sedangkan tingkat kekentalan logam cair itu bergantung pada temperaturnya, pada tingkat temperatur yang tinggi kekentalan akan menjadi lebih rendah dan begitu juga sebaliknya (Abadi et al., 2021). Pembekuan logam Tjitro (2001: 41), pada saat pembekuan logam didalam cetakan akan terjadi penyusutan, selanjutnya 3 jenis aliran, yaitu: *liquid contraction*, *solidification contraction* dan *solid contraction*. *liquid contraction* terjadi pada cairan logam apabila dilakukan pendinginan dari suhu tuang hingga mencapai temperatur beku.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini adalah yaitu dengan membuat 3 variasi temperatur leleh sebelum dituang ke dalam cetakan, variasi temperatur yang digunakan adalah 675°C - 700°C , 700°C - 725°C dan 725°C - 750°C . Pada setiap variasi temperatur sebelum dituang ke dalam cetakan juga ditambahkan bubuk degasser untuk membantu membersihkan logam cair dari gas-gas yang terperangkap dalam logam cair (Hidayanto et al., 2018). Setelah sampel dicetak, hasilnya diamati secara visual, kemudian dibuat spesimen untuk menguji sifat mekanik dari aluminium bekas.

Untuk menganalisis sifat fisik dan sifat mekanik dari hasil pengecoran aluminium bekas dengan cetakan pasir menggunakan variasi suhu dan penambahan serbuk *degasser* dilakukan menggunakan beberapa pengujian. Pengujian yang dilakukan untuk melihat sifat fisik dan mekanik pada penelitian ini adalah seperti (Siswanto & Studi Teknik Mesin, n.d.): Pengujian porositas, Pengujian kekerasan, Pengujian Tarik.

B. Material

Logam yang dipakai dalam penelitian ini adalah Aluminium Bekas. Aluminium bekas yang digunakan dalam penelitian ini adalah bekas minuman kaleng, aluminium kanvas rem bekas dan lain-lain. Aluminium merupakan logam non-ferrous yang memiliki banyak keunggulan, antara lain tahan korosi, ringan, mudah dibentuk, dan mudah dicor. Sifat fisik aluminium seperti terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1: *Physical properties of aluminum*

Properties	Aluminum Purity(%)	
	99.996	>99.0
<i>Density (20⁰C)</i>	2.6989	2.71
<i>Melting pint</i>	660.2	653-657
<i>Specific Heat (Cal/g.⁰C)(100⁰)</i>	0.226	0.2297
<i>Electrical resistance temperature coefficient</i>	0.00429	0.0115
<i>Coefficient of expansion (20-100⁰C)</i>	23.86x10 ⁻⁶	23.5x10 ⁻⁶
<i>Crystal Type. Grid constant</i>	Fcc.a=4.013kX	Fcc.a=4.04kX

(Surdia dan saito, 200:134)

Tabel 2: *Mechanical properties of Aluminum*

Properties	Aluminum Purity(%)			
	99.996		>99.0	
	Dianil	75% cold rolling	Dianil	H18
<i>Tensile Strength (kg/mm²)</i>	4.9	11.6	9.3	16.9
<i>Creep strength (0.2%)(kg/mm²)</i>	1.3	11.0	3.5	14.8
<i>Extension (%)</i>	48.6	5.5	35	5
<i>Brinell Hardness</i>	17	27	23	44

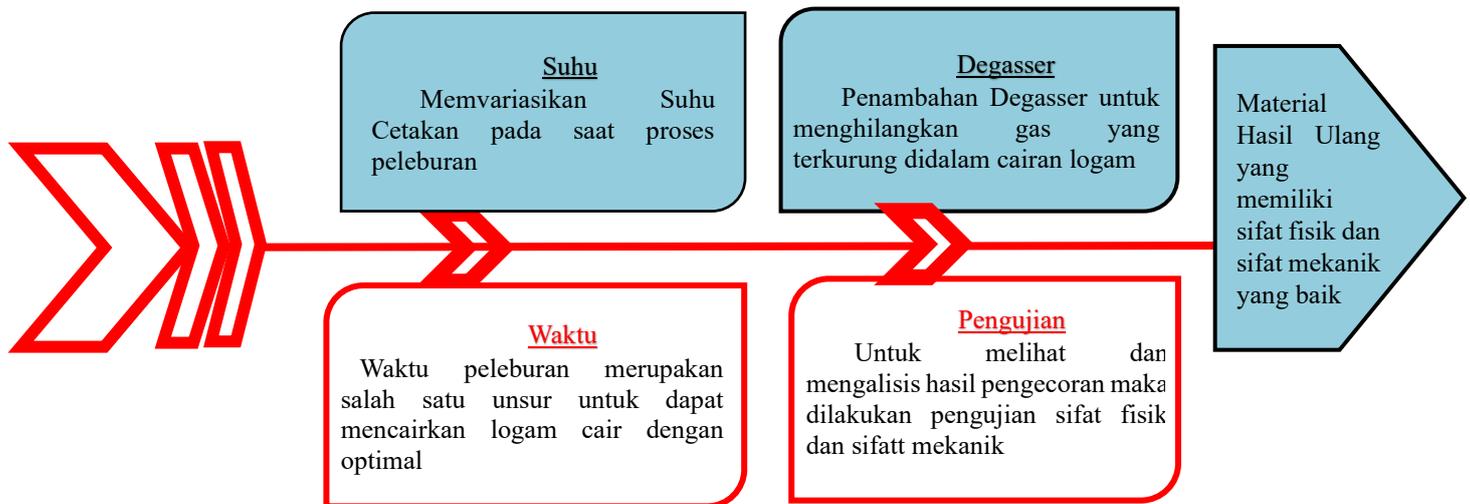
(Surdia dan saito, 200:134)

1. Inspeksi Visual

Pengecekan visual dilakukan untuk melihat banyaknya kegagalan coran atau cacat pengecoran yang terjadi (Suprihanto & Umardani dan Wahyudi, n.d.), kemudian dari hasil pengecekan visual ini dikelompokkan jenis-jenis kegagalan yang terjadi untuk menentukan jenis-jenis kegagalan apa saja yang ditemui pada setiap hasil pengecoran.

2. Fishbond Diagram

Agar penelitian lebih terarah, maka diperlukan diagram fishbond yang jelas. Diagram fishbond ini menggambarkan proses penelitian dari awal hingga akhir. Alur penelitian ini dibuat agar memudahkan dalam melakukan penelitian dan proses apa saja yang harus dilakukan. Untuk lebih jelasnya bagaimana alur dalam penelitian ini terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Fishbond Diagram

C. HASIL PENELITIAN

Pengujian kekerasan yang sebelumnya menggunakan rockwell mengalami kegagalan, karena ada kerusakan pada alat uji, sehingga pengujian diganti menggunakan pengujian Vickers. Dari hasil pengujian viker didapat data seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Vickers

No	Test Load (gf)	Dwell Time (detik)			D ₁			D ₂			HVN (Mpa)		
		Titik1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Ia	1000	7	7	7	131.70	135.30	124.10	137.64	134.66	137.39	102.3	101.8	108.5
Ib	1000	7	7	7	142.59	139.06	139.99	147.11	147.45	143.33	88.4	90.4	92.4
Ic	1000	7	7	7	141.08	139.49	137.12	143.40	139.15	142.28	91.7	95.5	95.0
IIa	1000	7	7	7	133.44	132.98	138.91	139.01	130.69	126.21	99.9	106.7	105.5
IIb	1000	7	7	7	152.71	156.51	148.86	154.07	150.21	150.42	78.8	78.9	82.8
IIc	1000	7	7	7	153.49	149.35	144.61	151.57	147.95	147.46	79.7	83.9	87.0
IIIa	1000	7	7	7	137.08	137.87	131.46	134.28	136.62	130.45	100.7	98.5	108.1
IIIb	1000	7	7	7	139.08	139.48	138.96	135.87	142.00	142.44	98.1	93.6	93.7
IIIc	1000	7	7	7	138.61	134.01	136.99	139.98	134.66	141.93	95.6	102.8	95.4

D. PEMBAHASAN

1. Pemeriksaan Visualitas hasil pengecoran Aluminium bekas

Pemeriksaan visualitas adalah untuk melihat hasil pengecoran yang telah dilakukan dengan menggunakan variasi temperatur (Li et al., 2022). Dari ketiga hasil pengecoran diamati secara visual bagaimana perbedaan dari ketiga spesimen tersebut. Hasil pengecoran dari ketiga variasi Temperatur seperti pada Gambar 2.



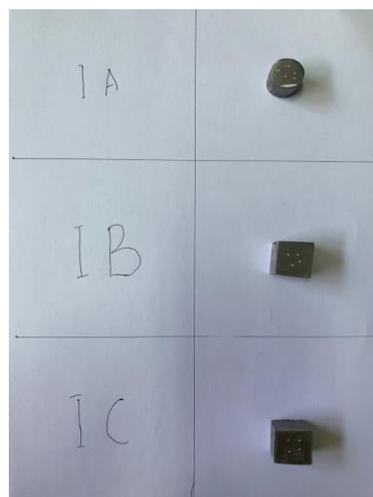
Gambar 2: hasil pengecoran aluminium

Hasil pengecoran pada aluminium bekas dengan menggunakan variasi temperatur dan penamahan *degasser* didapat permukaan hasil coran yang masih kasar, tetapi hasil pengecoran cukup merata. Kekasaran permukaan pada sampel hasil pengecoran disebabkan pori-pori pasir cetak yang menyebabkan permukaan benda hasil coran tidak mulus (Raza et al., 2021).

2. Porositas

Perhitungan porositas dilakukan untuk melihat seberapa besar porositas yang dihasilkan pada pengecoran spesimen. Semakin banyak persentase porositas yang dihasilkan semakin buruk material pengecoran yang dibuat karena dapat menurunkan sifat mekanik pada specimen. Hasil dari pengecoran aluminium bekas yang telah dilaksanakan memiliki porositas yang cukup besar (Zhou et al., 2021), namun dalam penelitian ini persentase porositas belum dihitung dan di analisis. Porositas dari spesimen uji masih menunggu hasil pengujian menggunakan mikroskop untuk menghitung porositas (Gottmyers Melwyn et al., 2023).

Porositas dari spesimen uji bisa dilihat secara langsung, hipotesis sementara penyebab dari porositas ini adanya material lain yang atau kotoran yang tidak cair dari aluminium bekas tersebut. Bahan yang tidak larut ini mengotori dari spesimen dan menjadikan cacat cor (Chandrasekaran et al., 2019). Untuk lebih jelas mengenai porositas yang tervisualisasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

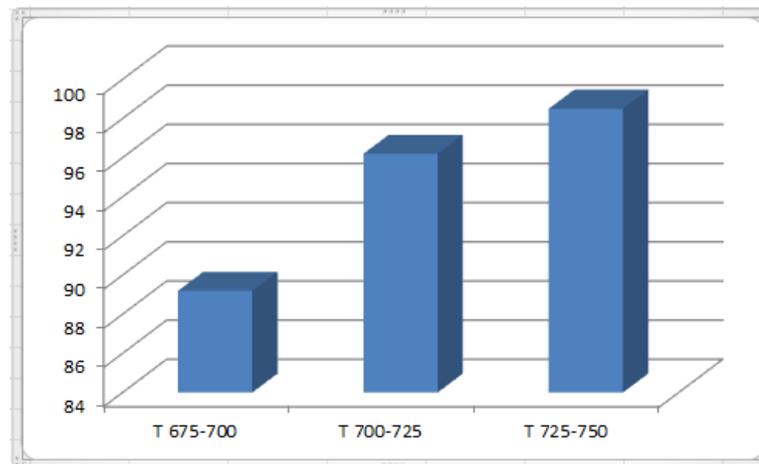
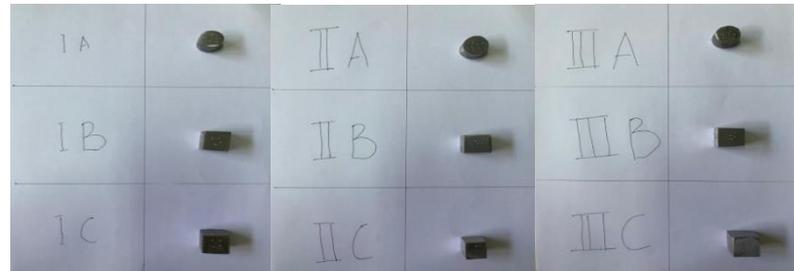


Gambar 3: Tampilan spesimen uji kekerasan yang memperlihatkan porositas.

3. Pengujian Kekerasan

Pada penelitian ini untuk pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan Rockwell. Penggunaan alat uji Rockwell mudah digunakan dan nilai kekerasan dengan cepat dapat diketahui (Bharti et al., 2021). Jenis alat uji Rockwell yang digunakan adalah alat uji digital, sehingga nilai kekerasan dari material dapat langsung diketahui.

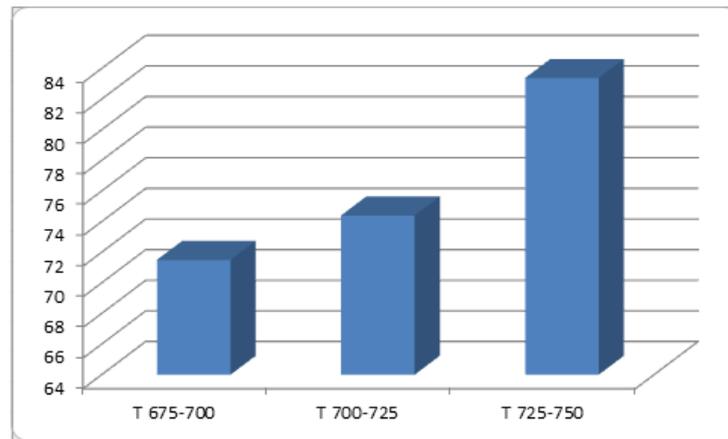
Dari hasil pengujian kekerasan pada mesin *Rockwell* yang sudah dilaksanakan tidak semua nilai kekerasannya keluar (Mae et al., 2008), hal ini disebabkan adanya kerusakan pada indenter alat uji (Metode Hardness Test, n.d.).



Gambar 4: Diagram hasil pengujian kekerasan

Nilai kekerasan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa berbanding lurus dengan variasi temperatur (Metode Hardness Test, n.d.). Pada temperature 725-750°C nilai kekerasan rata-ratanya adalah 98,5 HVN. Sehingga dengan peleburan menggunakan temperature yang lebih akan memaksimalkan pencairan dari aluminium (Bharti et al., 2021; Chandrasekaran et al., 2019). Maksimalnya pencairan suatu logam dalam proses peleburan logam akan membuat logam tersebut menjadi lebih homogen dan lebih bersih dari zat pengotor yang ikut terlebur didalam logam aluminium yang dicairkan (Luo et al., 2022).

4. Pengujian Tarik



Gambar 5: grafik hasil pengujian tarik

Pengujian Tarik terhadap hasil pengecoran logam dengan variasi temperature mendapatkan hasil yang berbanding lurus dengan tingkatan variasi temperature tersebut. Hal ini juga sama dengan hasil dari pengujian kekerasan. Nilai kekerasan tertinggi yaitu pada temperature $725-750^{\circ}\text{C}$ nilainya 83,58 Mpa, pada temperature $700-725^{\circ}\text{C}$ = 74,39Mpa dan pada temperature $675-700^{\circ}\text{C}$ = 71,5Mpa. Dengan demikian suhu yang paling optimal dalam pengecoran aluminium bekas ini adalah $725-750^{\circ}\text{C}$.

E. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dalam pengecoran logam aluminium dengan variasi temperature didapat hasil yang paling optimal adalah pada temperature lebur logam pada suhu $725-750^{\circ}\text{C}$ nilainya 83,58 Mpa. Hal ini dikuatkan dengan hasil secara visual dan porosity serta hasil dari pengujian kekerasan dan pengujian Tarik memiliki perbandingan yang sama dan berbanding lurus dengan variasi temperatur. Ini menandakan semakin cair logam yang dileburkan maka semakin homogen logam cairnya sehingga mendapatkan ikatan yang rapat dan kekuatan yang optimal.

Saran untuk selanjutnya adalah dengan melakukan pengujian yang lebih detail seperti pengujian SEM, XRD untuk melihat komposisi kimia dan lainnya pada material hasil pengecoran ini.

Acknowledgements

We are very grateful about this experimental and numerical studies that are supported by PNPB 2021 funded by DRPM UNP No. 699/UN35.13/LT/2021

F. REFERENSI

Abadi, Z., Kurniawan, A., Arafat, A., Abdillah, N. I., & Senthot, D. R. (2021). Analysis of riser variations in recycled aluminum sand casting on hardness values. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 21(3), 213–220. <https://doi.org/10.24036/invotek.v21i3.940>

Bharti, C., Singh, A., Rahul, R., Sharma, D., & Dwivedi, S. P. (2021). A critical review of aluminium based composite developed by various casting technique with different reinforcement particles to enhance tribo-mechanical behaviour. *Materials Today: Proceedings*, 47, 4092–4097. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.366>

Chandrasekaran, R., Campilho, R. D. S. G., & Silva, F. J. G. (2019). Reduction of scrap percentage of cast parts by optimizing the process parameters. *Procedia Manufacturing*, 38, 1050–1057. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.191>

Djafar Shieddique, A., Maulidiawati, D., Iqbal, M., Muttahar, Z., Suriaman, I., Mesin, J. T., Tinggi, S., & Wastukencana, T. (n.d.). *Pengaruh curing time dan pemanasan cetakan pasir kering terhadap kadar air, kuat tekan, dan lost of ignition (LOI) untuk aplikasi sand casting.*

Gottmyers Melwyn, J., Chandragandhi, B., Sathiyaseelan, G., & Srinath, P. (2023). Aluminium scrap recycling in a production furnace: Minimizing dross formation for sustainable and efficient recovery. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.340>

Hidayanto, B., Wardoyo dan Muhammad Wahyu Darojad, A., & Diterima, N. (2018). *Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Pada Pengecoran Daur Ulang Al-Si Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Dengan Pola Lost Foam Informasi Artikel Abstrak: Vol. IV (Issue 1)*. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl>

Li, Y., Liu, J., Huang, W., & Zhang, S. (2022). Microstructure related analysis of tensile and fatigue properties for sand casting aluminum alloy cylinder head. *Engineering Failure Analysis, 136*. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106210>

Luo, A. A., Sachdev, A. K., & Apelian, D. (2022). Alloy development and process innovations for light metals casting. In *Journal of Materials Processing Technology* (Vol. 306). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2022.117606>

Mae, H., Teng, X., Bai, Y., & Wierzbicki, T. (2008). Comparison of ductile fracture properties of aluminum castings: Sand mold vs. metal mold. *International Journal of Solids and Structures, 45*(5), 1430–1444. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2007.10.016>

Metode Hardness Test. (n.d.). <https://www.detech.co.id/hardness-test/>

Putra, D. A., Siswanto, S., & Puspitasari, P. (2021). Pengaruh Variasi Bahan Pengikat Terhadap Kekuatan Cetakan Pasir, Permeabilitas, Fluiditas, Kekerasan Logam dan Kualitas Hasil Pengecoran Logam Paduan Al-Si Dengan Metode Gravity Casting. *NOZEL Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, 3*(2), 150. <https://doi.org/10.20961/nozel.v3i2.52098>

Raza, M. H., Wasim, A., Sajid, M., & Hussain, S. (2021). Investigating the effects of gating design on mechanical properties of aluminum alloy in sand casting process. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences, 33*(3), 201–212. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.03.004>

Siswanto, R., & Studi Teknik Mesin, P. (n.d.). *PENGARUH TEMPERATUR TUANG TERHADAP POROSITAS, STUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN DARI ALUMUNIUM RONGSOK BALING-BALING KAPAL MENGGUNAKAN PENGECORAN EVAPORATIF.* 4, 2022. <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/rot>

Suprihanto, A., & Umardani dan Wahyudi, Y. P. (n.d.). *Analisis cacat cor pada proses pengecoran burner kompor (studi kasus di pt. Suyuti sido maju, ceper)*. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi-27->

Zhou, B., Liu, B., Zhang, S., Lin, R., Jiang, Y., & Lan, X. (2021). Microstructure evolution of recycled 7075 aluminum alloy and its mechanical and corrosion properties. *Journal of Alloys and Compounds, 879*. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.160407>