

UJI KEKERASAN PADUAN Al-6,7% Cu DENGAN VARIASI TEMPERATUR TUANG DAN TEKANAN HASIL PROSES SQUEEZE CASTING

HARDNESS TEST OF AL-6,7% Cu ALLOYS WITH VARIATION OF POURING TEMPERATURE AND PRESSURE RESULTS OF SQUEEZE CASTING PROCESS

Rudi Siswanto¹⁾*, Ma'ruf²⁾, dan Galih Aprianto³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
email: rudisiswanto@ulm.ac.id¹⁾*, maruf@ulm.ac.id²⁾, 98galih.aprianto@gmail.com³⁾

Abstrak

Aluminium murni memiliki castability yang baik tetapi sifat mekaniknya tidak baik. Oleh karena itu, untuk meningkatkan sifat mekaniknya, ditambahkan elemen paduan lain seperti magnesium, tembaga, mangan, silika dan beberapa. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan tekanan tuang terhadap nilai kekerasan material pengecoran logam. Bahan pengecoran menggunakan paduan aluminium-tembaga (Al-6,7%Cu). Metode pengecoran menggunakan squeeze casting, dimana logam cair dibiarkan dingin dalam cetakan logam tertutup dan diberi tekanan. Temperatur penuangan divariasikan 710 °C, 730 °C dan 750 °C. Waktu pencampuran logam cair adalah 90 detik dengan putaran pengadukan 600 Rpm. Tekanan logam dalam cetakan divariasikan dari 0 MPa, 2,5 MPa, 5 MPa dan 7,5 MPa, dengan waktu pengepresan 60 detik. Suhu cetakan logam yang digunakan adalah 250 °C. Berdasarkan hasil uji kekerasan skala *Brinell* (HBN) bahwa nilai kekerasan tertinggi pada temperatur tuang 710 °C dengan tekanan 7,5 MPa, nilai kekerasan 68 HB dan nilai kekerasan terendah pada temperatur tuang. 750 °C dengan tekanan 0 MPa, nilai kekerasan adalah 34. HB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur penuangan maka nilai kekerasannya semakin rendah dan semakin besar tekanan maka nilai kekerasannya semakin tinggi.

Kata Kunci: Paduan Al-6,7%Cu, pengecoran squeeze, temperatur penuangan, tekanan, kekerasan *Brinell*

Abstract

Pure aluminum has good castability but the mechanical properties are not good. Therefore, to improve its mechanical properties, other alloying elements such as magnesium, copper, manganese, silica and some are added. The research was conducted to determine the effect of pouring temperature and pressure on the hardness value of the metal casting material. The casting material uses an aluminum-copper alloy (Al-6.7%Cu). The casting method uses squeeze casting, where the molten metal is allowed to cool in a closed metal mold and is pressurized. The pouring temperature was varied 710°C, 730°C and 750°C. Mixing time for molten metal is 90 seconds with a stirring rotation of 600 Rpm. The metal pressure in the mold was varied from 0 MPa, 2.5 MPa, 5 MPa and 7.5 MPa, with a pressing time of 60 seconds. The temperature of the metal mold

Received:
13 Desember
2021

Accepted:
24 Desember
2021

Published:
28 Desember
2021

© 2021 SJME
Kinematika All
Rights Reserved.

used is 250°C. Based on the results of the Brinell scale hardness test (HBN) that the highest hardness value is at a pouring temperature of 710°C with a pressure of 7.5 MPa, the hardness value is 68 HB and the lowest hardness value is at a pouring temperature of 750°C with a pressure of 0 MPa, the hardness value is 34. HB. The results showed that the higher the pouring temperature, the lower the hardness value and the greater the pressure, the higher the hardness value.

Keywords: Al-6.7%Cu alloy, squeeze casting, pouring temperature, pressure, Brinell hardness

DOI:10.20527/sjmekinematika.v6i2.198

How to cite: Siswanto, R., Ma'ruf, dan Aprianto, G. "Uji Kekerasan Paduan Al-6,7% Cu Dengan Variasi Temperatur Tuang Dan Tekanan Hasil Proses Squeeze Casting". *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 6(2), 174-181, 2021.

PENDAHULUAN

Proses pengecoran adalah salah satu proses manufaktur yang dilakukan dengan cara memanaskan logam di dalam tungku peleburan sampai mencair, selanjutnya dituang ke dalam cetakan. Dengan mencairkan logam ke dalam cetakan untuk menghasilkan produk akan menghasilkan bentuk yang mendekati bentuk geometri produk asli. Proses pengecoran mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses manufaktur lainnya. Keunggulannya adalah; mampu memproduksi; bentuk produk dari yang sederhana sampai rumit (komplek), berukuran kecil hingga besar dan produksi masal dengan waktu cepat. Dengan beberapa keunggulan tersebut maka teknologi pengecoran logam belum bisa digantikan dengan teknologi pemesinan lainnya.

Pengecoran *squeeze* adalah proses pengecoran yang dilakukan dengan cara logam cair dituang ke dalam cetakan logam dan diikuti dengan tekanan yang relative tinggi. Pengecoran *squeeze* sering disebut juga dengan pengecoran tempa, kerana memadukan antara pengecoran dan penempaan. Dengan tekanan yang tinggi akan menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik. sehingga dengan demikian proses pengecoran *squeeze* akan meningkatkan sifat fisik dan mekanik dari produk hasil cor.

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi peralatan mulai dari peralatan rumah tangga, peralatan elektronik, komponen otomotif, konstruksi bangunan, kapal laut, kereta api hingga komponen pesawat terbang. Sifat aluminium selain mempunyai massa jenis yang rendah juga tahan terhadap korosi dan daya hantar listrik yang baik. Aluminium murni mempunyai sifat mampu cor yang baik, tetapi sifat mekaniknya kurang baik. Jika dipadu dengan unsur paduan lainnya maka mempunyai sifat fisis dan mekanis yang unggul. Oleh karena itu untuk memperbaiki sifat fisik dan mekaniknya diperlukan unsur-unsur pemadu lain seperti magnesium, tembaga, mangan, silikon dan sebagainya. Berbagai produk komponen dari material aluminium dapat dihasilkan melalui proses pembentukan, metalurgi serbuk, proses pemesinan, proses pengecoran dan berbagai proses lainnya.

Berbagai penelitian dari material paduan aluminium sebagai bahan pengecoran telah dilakukan sebelumnya, diantaranya; paduan Al-19,6Si2,5Cu,2,3Zn [1], paduan Al (scrap) [2], Paduan Al-12,6%Si [3-5], paduan Al-6.7% [6,7] dan magnesium AZ31 [8].

METODE PENELITIAN

Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah paduan Al-6,7%Cu, dipanaskan sehingga mencair pada temperatur sekitar 800°C dengan tungku krusibel. Logam cair yang ada di dalam kowi kemudian diaduk selama 90 detik dengan putaran 600 RPM. Selanjutnya logam cair dituang dengan variasi temperatur penuangan (710°C, 730°C dan 750°C) ke

dalam cetakan logam yang telah dipanaskan dengan temperatur 250°C. Selanjutnya dilakukan penekanan menggunakan pres hidrolis dengan variasi tekanan (0, 2.5, 5 dan 7.5) MPa selama 60 detik. Selanjutnya coran dikeluarkan dari cetakan logam dan didinginkan di udara hingga mencapai temperatur ruang. Hasil pengecoran dibuat spesimen untuk dilakukan pengujian kekerasan (*Brinell*)

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian dari aluminium paduan dengan komposisi Al-6,7%Cu. Bahan bakar yang digunakan dari arang kayu.

Alat Penelitian

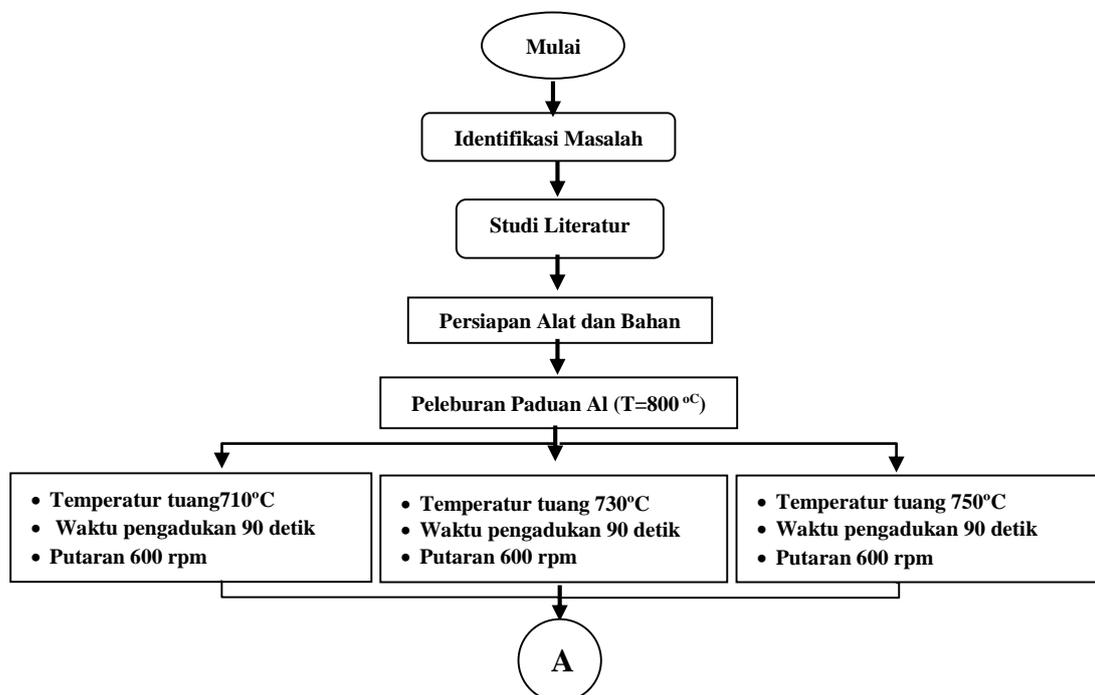
- | | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 1. Tungku krusibel | 6. <i>Brinell Hardness Tester</i> |
| 2. Cetakan logam | 7. <i>Thermocouple</i> |
| 3. Kowi | 8. Ladel |
| 4. Mesin press hidrolis | 9. <i>Stopwatch</i> |
| 5. Mesin Pengaduk | 10. Tang |

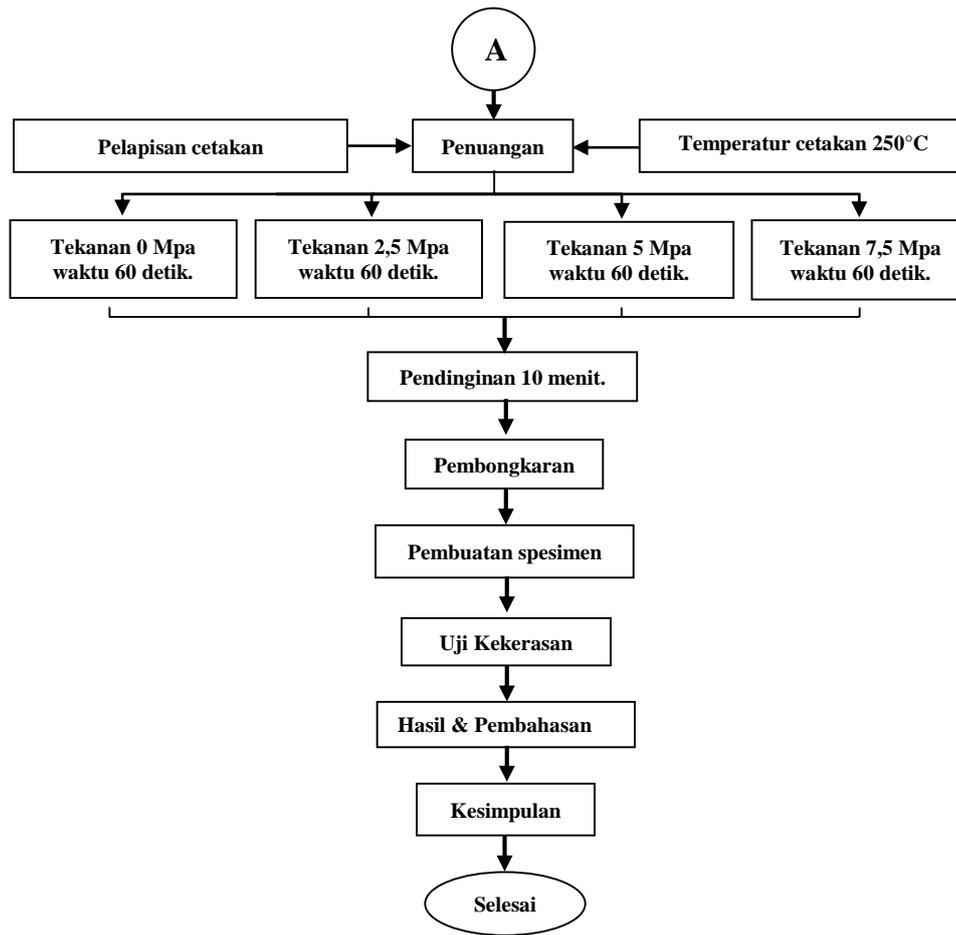
Variabel Penelitian

- Variabel bebas
 - Temperatur tuang 710 °C, 730 °C, dan 750 °C.
 - Tekanan *press* hidrolis (0, 2,5, 5 dan 7,5) MPa.
- Variabel kontrol
 - Temperatur cetakan 250 °C.
 - Temperatur peleburan 800 °C
 - Waktu pengadukan 90 detik.
 - Kecepatan putaran pengadukan 600 rpm.
 - Waktu tekan press hidrolis 60 detik.
- Variabel terikat
 - Nilai Kekerasan (*Brinell*)

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Komposisi

Hasil pengujian komposisi *row material* bahan baku pengecoran ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi *row material*

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0.0940	0.305	6.7	0.3708	0.0090	0.0045	0.0131	0.0080
Na	Ca	Ni	Pb	P	Sn	Sb	Sr
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0.00009	0.00014	0.0068	0.00090	<0.00050	0.0038	0.0041	0.00018
Be	Zr	Bi	Cd	Al			
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)			
0.00006	0.0015	<0.00030	0.0012	92.4			

Hasil Pengujian Kekerasan

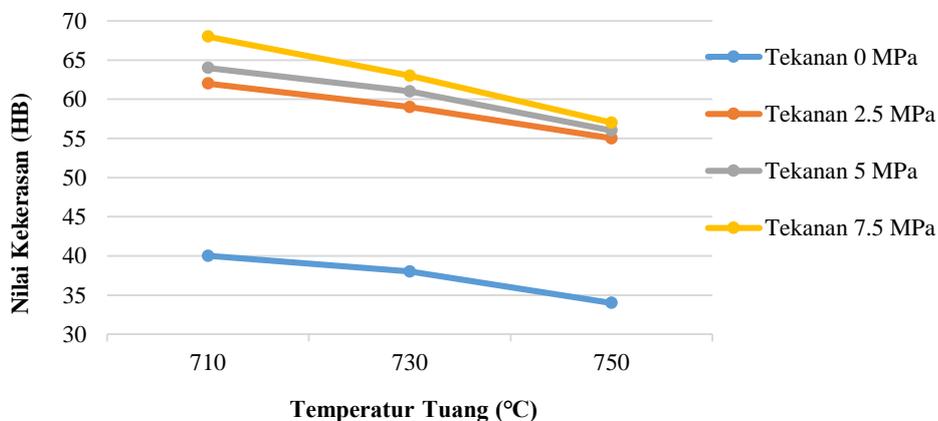
Hasil pengecoran menggunakan metode *squeeze casting* dengan variasi temperatur tuang (710°C, 730°C, 750°C) dan tekanan (0, 2.5, 5, 7.5) MPa. Hasil pengujian nilai kekerasan skala *Brinell* (HB) ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 didapatkan dari hasil pengujian kekerasan material setelah dilakukannya pengecoran *Squeeze Casting*. Pengambilan titik uji kekerasan diambil sebanyak 3 titik pada setiap masing-masing spesimen agar mendapatkan data yang lebih valid.

Tabel 2. Hasil pengujian nilai kekerasan (*Brinell*)

NO	TEMPERATUR PENUANGAN (°C)	TEKANAN (MPa)	HASIL UJI KEKERASAN (HB)			
			1	2	3	Av
1	710	0	40	41	39	40
2		2,5	62	63	61	62
3		5	64	65	63	64
4		7,5	69	67	68	68
5	730	0	38	39	37	38
6		2,5	60	57	60	59
7		5	61	59	63	61
8		7,5	61	64	62	63
9	750	0	36	34	32	34
10		2,5	53	57	55	55
11		5	60	55	53	56
12		7,5	56	59	56	57

Hubungan Temperatur Tuang dan Nilai Kekerasan pada Tekanan (0, 2.5, 5, dan 7.5) MPa

Gambar 2 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara temperatur tuang dan nilai kekerasan *Brinell* (HB). Temperatur tuang 710°C, 730°C dan 750°C pada variasi tekanan 0, 2.5, 5, dan 7.5 MPa..



Gambar 2. Grafik hubungan temperatur tuang dan nilai kekerasan pada tekanan (0, 2.5, 5, dan 7.5) MPa.

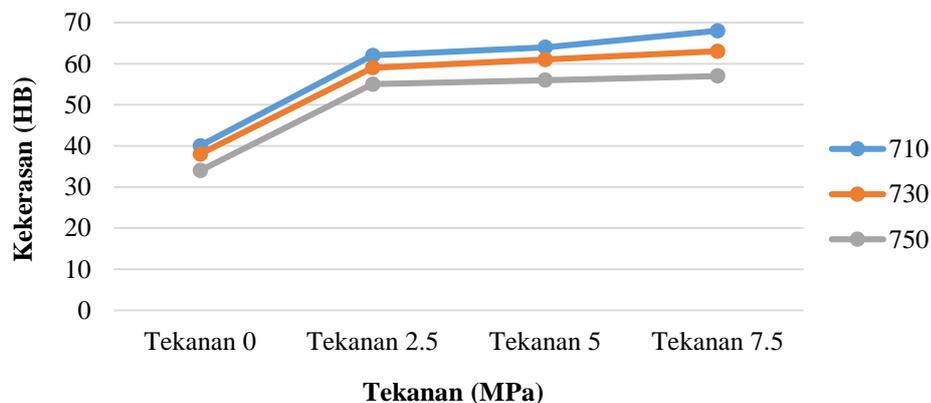
Nilai kekerasan yang dihasilkan pada tekanan 0 MPa dengan temperatur tuang 710°C sebesar 40 HB, kemudian temperatur tuang ditingkatkan menjadi 730°C dan nilai

kekerasannya menurun 5.0 % menjadi sebesar 38 HB, lalu temperatur tuang ditingkatkan menjadi 750°C dan nilai kekerasannya menurun 10.52% menjadi sebesar 34 HB. Pada tekanan 2.5 MPa dengan temperatur tuang 710°C nilai kekerasan yang didapatkan sebesar 62 HB, lalu temperatur tuang ditingkatkan menjadi 730°C dan nilai kekerasannya menurun 4.83 % menjadi sebesar 59 HB, setelah itu temperatur tuang ditingkatkan lagi menjadi 750°C dan nilai kekerasannya menurun 6.77% menjadi sebesar 55 HB. Pada tekanan 5 MPa dengan temperatur tuang 710°C didapatkan nilai kekerasan sebesar 64 HB, lalu temperatur tuang dinaikkan menjadi 730°C dan nilai kekerasannya menurun 4.69 % menjadi menjadi sebesar 61 HB, setelah itu temperatur tuang dinaikkan lagi menjadi 750°C dan nilai kekerasannya menurun 8.20 % menjadi sebesar 56 HB. Pada tekanan 7.5 MPa dengan temperatur tuang 710°C didapatkan nilai kekerasan sebesar 68 HB, lalu temperatur tuangnya di naikkan menjadi 730°C dan nilai kekerasannya menurun 7.35 % menjadi sebesar 63 HB, setelah itu temperatur tuang dinaikkan menjadi 750°C dan nilai kekerasannya menurun 9.52% menjadi sebesar 57 HB. Nilai kekerasan tertinggi secara berurutan berada pada temperatur tuang 710°C, 730°C dan 750°C.

Berdasarkan data dan grafik Gambar 2, dapat disimpulkan bahwa pada proses *squeeze casting* dengan temperatur cetakan logam 250 °C, semakin tinggi temperatur tuang maka nilai kekerasan coran paduan Al cenderung semakin menurun. Semakin tinggi temperatur tuang maka kecepatan pendinginan akan semakin lambat, hal ini menyebabkan pertumbuhan struktur butiran semakin kecil dan merata, sehingga nilai kekerasannya menjadi menurun. Dengan demikian menghasilkan produk coran paduan Al-6,7%Cu menjadi lebih lunak dan ulet (*ductile*). Semakin rendah temperatur tuang akan menyebabkan pendinginan semakin cepat. Dengan pendinginan yang lebih cepat akan terbentuk struktur butiran lebih besar, sehingga nilai kekerasannya juga semakin meningkat. Dengan demikian menghasilkan produk coran paduan Al-6,7%Cu menjadi lebih keras dan getas (*brittle*). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian [6] yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur tuang nilai kekerasan semakin menurun. Penambahan temperatur tuang tidak signifikan terhadap kenaikan nilai kekerasan [9]. Kenaikan temperatur cetakan akan menurunkan kekerasan bahan hasil penuangan [10].

Hubungan Tekanan dan Nilai Kekerasan pada Temperatur Tuang (710, 730, dan 750) °C

Gambar 3 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara tekanan dan nilai kekerasan pada temperatur tuang. Temperatur tuang 710°C, 730°C dan 750°C pada variasi tekanan 0, 2.5, 5, dan 7.5 MPa.



Gambar 3. Grafik hubungan tekanan dan nilai kekerasan pada temperatur tuang (710, 730 dan 750) °C.

Nilai kekerasan yang dihasilkan pada temperatur tuang 710°C dengan tekanan 0 MPa sebesar 40 HB, lalu tekanannya dinaikkan menjadi 2.5 MPa dan nilai kekerasannya meningkat 55 % yaitu sebesar 62 HB, lalu tekanan dinaikkan lagi menjadi 5 MPa dan nilai kekerasannya meningkat 3.22% yaitu sebesar 64 HB, lalu tekanan dinaikkan lagi menjadi 7.5 MPa dan nilai kekerasannya meningkat 6,25% yaitu sebesar 68 HB. Pada temperatur tuang 730°C dilakukan penekanan 0 MPa dan didapat nilai kekerasan sebesar 38 HB, lalu tekanan dinaikkan menjadi 2.5 MPa dan nilai kekerasannya meningkat 51,28 % yaitu sebesar 59 HB, lalu tekanan dinaikkan lagi menjadi 5 MPa dan nilai kekerasannya meningkat 3.38% yaitu sebesar 61 HB, lalu tekanan dinaikkan lagi menjadi 7.5 MPa dan nilai kekerasannya meningkat 3.27% yaitu sebesar 63 HB. Pada temperatur tuang 750°C dilakukan penekanan 0 MPa didapatkan nilai kekerasan sebesar 34 HB, lalu tekanan dinaikkan menjadi 2.5 MPa dan nilai kekerasan meningkat 61,76 % yaitu sebesar 55 HB, setelah itu tekanan dinaikkan lagi menjadi 5 MPa dan nilai kekerasannya meningkat 10.91% yaitu sebesar 61 HB, kemudian tekanan dinaikkan lagi menjadi 7.5 MPa dan nilai kekerasannya meningkat 3.27% yaitu sebesar 63 HB.

Nilai kekerasan tertinggi secara berurutan berada pada tekanan 7.5 MPa, 5 MPa, 2.5 MPa, dan 0 MPa. Berdasarkan data dan grafik Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa pada proses *squeeze casting*, semakin tinggi tekanan maka nilai kekerasan coran paduan Al-6,7%Cu cenderung semakin meningkat. Semakin tinggi tekanan yang diberikan pada logam cair dalam cetakan akan menyebabkan tingkat kepadatan struktur butir semakin meningkat. Demikian juga dengan semakin besar tekanan maka porositas juga akan semakin menurun. Dengan semakin padatnya struktur butir dan semakin kecilnya porositas maka nilai kekerasan cenderung mengalami peningkatan. Hal ini juga sesuai penelitian Siswanto, dkk.(2021) bahwa ada kecenderungan bahwa semakin tinggi tekanan nilai kekerasan akan semakin meningkat [6]. Hal ini disebabkan karena akibat dari tekanan yang lebih besar terhadap logam cair dalam cetakan akan mengurangi udara yang terjebak di dalam coran dan bentuk struktur butir menjadi semakin kecil. Dengan tekanan yang semakin besar maka akan membuat struktur atom coran menjadi semakin padat sehingga kekerasan juga semakin meningkat. Semakin tinggi tekanan maka nilai kekerasan semakin meningkat [7]. Tekanan mempengaruhi struktur butir dan porositas pada hasil coran, semakin tinggi tekanan yang diberikan, maka semakin kecil struktur butir dan porositasnya. Semakin tinggi tekanan yang diberikan dapat mengurangi cacat penyusutan, struktur silikon makin halus, dan meningkatkan nilai kekerasan [11]. Semakin tinggi tekanan yang diberikan porositasnya semakin sedikit, SDAS semakin kecil, dan nilai kekerasan naik [12]. Tekanan berpengaruh terhadap nilai kekerasan, semakin besar tekanan maka nilai kekerasan semakin meningkat [7].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa temperatur penuangan dan tekanan berpengaruh terhadap nilai kekerasan dari paduan Al-6.7%Cu hasil proses pengecoran *squeeze*. Semakin tinggi temperatur penuangan maka nilai kekerasan semakin menurun. Semakin besar tekanan maka nilai kekerasan semakin meningkat.

REFERENSI

- [1] Siswanto, R., "Analisis Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik dari Paduan Al-19,6Si-2,5Cu,2,3Zn (Daur Ulang) Hasil Pengecoran *Evaporative*," *Pros. SNRT (Seminar Nas. Ris. Ter.*, vol. 5662, no. November, pp. 49–56, 2017.
- [2] Ridho, A; Siswanto, R., "Pemanfaatan Paduan Al (Scrap) Sebagai Bucket Turbin Pelton," *Al Ulum Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–33, 2017.

- [3] Siswanto, R., dan Rais, R., “*Analysis of Porosity and Hardness Al-12,6%Si Alloy with Variation of Waiting Time in Molding and Cooling Media Using Wet Sand Mold,*” *Pros. Semin. Nas. Lingkungan. Lahan Basah*, vol. 3, no. April, pp. 394–398, 2018.
- [4] Siswanto R., Dhahsyad, M., “*The Effect of Pour Temperature and Cooling Media on Porosity and Hardness of Al-12 . 6 % Si Alloy Using Wet Sand Mold Casting,*” *Pros. SNTTM XVII, Oktober 2018*, pp. 089–093, 2018.
- [5] Siswanto, R., Ghofur, A., dan Kepakisan K.A.K., “*Analisis Porositas dan Kerasan Hasil Pengecoran Evaporative,*” *Jukung J. Tek. Lingkungan.*, vol. 4, no. 1, pp. 72–81, 2018.
- [6] Siswanto, R., Ma’ruf, Mukti, A. M., and Subagyo, R., “*The Effect of Pure Temperature and Pressure on Alloy Hardness of Al-6.7% Cu Using Squeeze Casting Method,*” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1034, no. 1, p. 012173, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1034/1/012173.
- [7] Siswanto, R., Ma’ruf, Sahid, T.N., dan Hanafi, “*Pemanfaatan dan Pengembangan Paduan Al (Scrap) Sebagai Prototype Sudu Turbin Pelton Menggunakan Metode Semi Solid,*” *Pros. Semin. Nas. Lingkungan. Lahan Basah*, vol. 6, no. April, 2021.
- [8] Iqbal, M., Sukmana, I., and Burhanuddin, Y., “*Studi Sifat Mekanik Magnesium AZ31 Hasil Proses Pengecoran Tekan (Squeeze Casting),*” *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 11, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.24843/jem.2018.v11.i01.p01.
- [9] Hermawan, P.S., Purwanto, H., dan Respati, S.M.B., “*Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Produk Sepatu Kampas Rem dengan Bahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Daur Ulang,*” *Inov. Tek. Kim.*, vol. 3, no. 2, pp. 41–47, 2015.
- [10] Paryono, Sutadi, L. Y., dan Suwanto, E., “*Karakterisasi Produk Pengecoran Manual High Pressure Die Casting Pada Material ADC 12,*” *Semin. Nas. Edusainstek FMIPA UNIMUS*, vol. 978-602–56, no. 2005, pp. 37–51, 2019.
- [11] Nurkholiq, M.S., Purwanto, H., dan Respati, S.M.B., “*Analisa Pengaruh Variasi Tekanan Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Kekerasan Produk Sepatu Kampas Rem dengan Bahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Daur Ulang,*” *Momentum*, vol. 9, no. 2, pp. 34–37, 2008.
- [12] Fauzi, I., Purwanto, H., dan Respati, S.M.B., “*Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Tuang pada Pengecoran Squeeze Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Produk Sepatu Kampas Rem dengan Bahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Daur Ulang,*” *Momentum*, vol. 12, no. 1, pp. 41–48, 2014.