

PENGARUH TEMPERATUR TUANG TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN MIKROSTRUKTUR ALUMINIUM A356 MENGGUNAKAN PENGECCORAN METODE *COOLING SLOPE*

Bayu Adithya^{1*}, Tugiman², Farida Ariani³, M. Sabri⁴

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Email: adithyabayu03@gmail.com

Abstract

The use of aluminum that is so widespread in engineering due to having a light density and corrosion resistance of aluminum is good but has a mechanical properties still need to be improved in particular aluminium which are produced by using the the method of casting. In the casting process very many variables that will affect the strength of aluminum, one of which is the temperature of the pour. This research aims to look at the influence of the temperature of the mechanical properties of cast A356 aluminum against which include violence, impact, tensile, wear out, and the microstructures by using the method of *cooling slope* type casting. *Cooling slope* used to drain the already melted aluminum into the mold. Cooling slope itself has 5 angles of slope, 15°, 30°, 45°, 60°, dan 75°. This research was conducted by varying the temperature pour 620°C, 650°C, 680°C, 710°C, dan 740°C, and the angle of the slope is 15° cooling using permanent mold. The highest hardness obtained at temperature variations pour 680°C amounted to 52.8 BHN. The value of the highest impact on temperature variations can pour 710°C amounted to 0.18 J/mm². The highest tensile test value obtained on temperature variations pour 680°C of 106.72 Mpa. Testing the wear and tear is done by the method of pin on disk with variation of the rotation of 150 Rpm, Rpm, 180 and 210 Rpm. The results of the photo the micro look at the temperature of the 680°C distribus Silicon in aluminum matrix more evenly compared with other temperatures.

Key words: Mechanical Properties, Temperature, pour the A356 Aluminum, *Cooling Slope*

Abstrak

Penggunaan aluminium yang begitu luas dalam bidang teknik dikarenakan memiliki massa jenis yang ringan dan ketahanan korosi yang baik tetapi aluminium memiliki sifat mekanis yang masih perlu ditingkatkan khususnya aluminium yang diproduksi dengan menggunakan metode pengecoran. Pada proses pengecoran sangat banyak variabel yang akan mempengaruhi kekuatan aluminium yang salah satunya adalah temperatur tuang. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh temperatur tuang terhadap sifat mekanis aluminium A356 yang meliputi kekerasan,impak,tarik,aus, serta mikrostruktur dengan menggunakan metode pengecoran tipe *cooling slope*. *Cooling slope* digunakan untuk mengalirkan alumunium yang sudah mencair ke dalam cetakan. *Cooling slope* ini sendiri mempunyai 5 sudut kemiringan, yaitu 15°, 30°, 45°, 60°,

dan 75°. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan temperatur tuang 620°C, 650°C, 680°C, 710°C, dan 740°C serta sudut dari cooling slope adalah 15° menggunakan cetakan permanen. Kekerasan tertinggi diperoleh pada variasi temperatur tuang 680°C sebesar 52,8 BHN. Nilai impak tertinggi di dapat pada variasi temperatur tuang 710°C sebesar 0,18 J/mm². Nilai uji tarik tertinggi diperoleh pada variasi temperatur tuang 680°C sebesar 106,72 Mpa. Pengujian keausan dilakukan dengan metode *pin on disk* dengan variasi putaran 150 Rpm, 180 Rpm, dan 210 Rpm. Hasil photo mikro terlihat pada temperatur 680°C distribus silikon di dalam matrik aluminium lebih merata dibandingkan dengan temperatur yang lainnya.

Kata kunci : Sifat mekanis, Aluminium A356, Temperatur tuang, *Cooling Slope*

1. Pendahuluan

Teknik pengecoran logam merupakan bagian dari teknik produksi tertua yang diketahui manusia. Hingga saat ini pengecoran logam masih dipakai manusia untuk menunjang kegiatan produksi dan industri seperti aluminium jenis A356 yang dari tahun ke tahun terus mengalami perkembangan. Namun, pada kondisi tertentu bahan aluminium A356 belum memenuhi standar kekuatan material yang diminta oleh pabrik sehingga perlu dilakukannya perbaikan sifat-sifat mekanik dari bahan aluminium A356. Penggunaan logam aluminium untuk proses pengecoran semakin meluas, sebab logam aluminium dapat di proses dengan *casting*, *rolling*, *forging* dan lain-lain. Proses pembentukan aluminium dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan menggunakan metode pengecoran logam. Proses pengecoran logam merupakan proses pembuatan produk yang diawali dengan mencairkan logam ke dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang terlebih dahulu dibuat pola hingga logam cair tersebut membeku dan kemudian dipindahkan dari cetakan [1]. Terdapat sejumlah metode pengecoran logam yang telah diterapkan dalam skala industri saat ini. Metode ini dapat dibedakan berdasarkan jenis bahan cetakan (pasir, keramik atau logam) serta besarnya gaya tekanan (*gravity*, *vacum*, *low and high pressure*) yang diberikan pada saat logam cair dimasukkan kedalam cetakan. Parameter-parameter pengecoran mempengaruhi sifat mekanis benda cor melalui perubahan bentuk dan ukuran butir yang dihasilkan. Ukuran butir lebih halus dapat diperoleh dengan penambahan elemen seperti Sr, Zr, Ca [2], dan pengaturan laju pendinginan cairan logam secepat mungkin. Pendinginan cepat dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya metode *cooling slope* pada pengecoran A356 [3], metode ini menurunkan ukuran butir -Al pada pengecoran aluminium alloy [4] dan penghalusan *primary austenite*, *graphite* dan *substructure* pada pembuatan besi cor kelabu [5]. *Cooling slope* digunakan dengan tujuan

mendapatkan *slurries* dengan struktur *spheroid*, bahan *slope* dibuat menggunakan bahan *mild steel* [6]. Laju pendinginan cairan juga dipengaruhi oleh panjang serta kemiringan pelat [7]. Transfer panas yang cepat akan meningkatkan laju pengintian dan penghalusan butir [8].

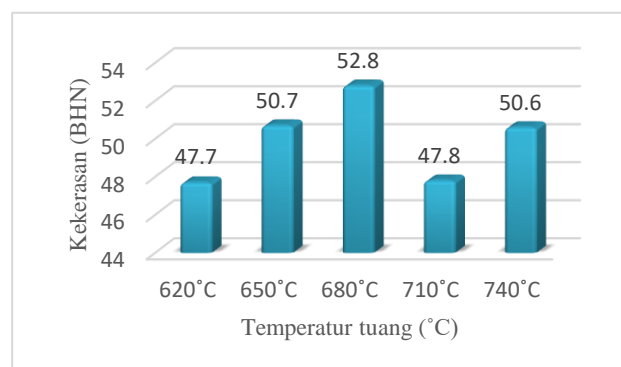
2. Bahan dan Metode

Pada penelitian ini digunakan aluminium A356 dengan memvariasikan temperatur tuang 620°C, 650°C, 680°C, 710°C, dan 740°C serta sudut dari *cooling slope* adalah 15° menggunakan cetakan permanen yang terbuat dari *mild steel*. Proses pencairan aluminium A356 dilakukan menggunakan dapur peleburan berbahan bakar arang kayu laut menggunakan wadah *crusibel* grafit. Cetakan berbentuk silinder dibuat dari bahan *mild steel* digunakan untuk pembuatan spesimen uji kekerasan, uji impak, uji tarik, uji aus, dan mikrostruktur. Pengujian kekerasan menggunakan metode Brinell indentor bola baja dengan pembebanan 500kg. Pengujian impak menggunakan metode charpy dengan bentuk takikan jenis V yang mengacu kepada standar ASTM vol.14.01E23M-00a. Pengujian tarik menggunakan standar ASTM E8. Pengujian aus menggunakan metode *pin on disc* pada kecepatan sliding 150, 180, dan 210 rpm. Pengujian mikrostruktur menggunakan mikroskop optic untuk berbagai pembesaran (100-200x).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil pengujian kekerasan (*Hardness*)

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap lima variasi temperatur tuang menggunakan metode Brinell, hasil pengujian seperti diperlihatkan pada gambar 3.1 berikut :

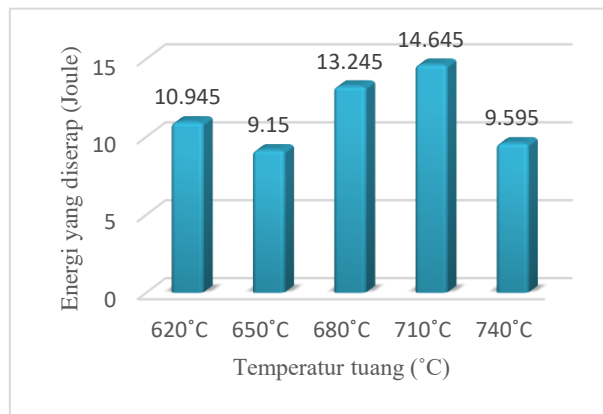


Gambar 3.1 Kekerasan vs Temperatur tuang

Gambar 3.1 diatas memperlihatkan nilai kekerasan alumunium A356 yang dileburkan menggunakan metode *cooling slope* dengan variasi temperatur tuang meningkat pada temperatur 680°C sebesar 52,8 BHN. Dan biasanya setelah temperatur optimum tercapai maka tren kekerasan akan cenderung menurun dikarenakan terbentuknya porositas diantara struktur α alumunium dan silikon terdisfersi diantara matrik aluminium [9].

3.2 Hasil pengujian impak

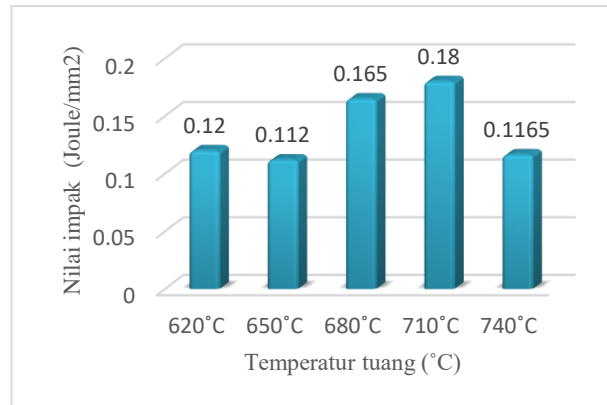
Pengujian impak dilakukan pada sampel A356 untuk melihat pengaruh variasi temperatur tuang terhadap kekuatan impak dari bahan tersebut, ketahanan terhadap beban impak dapat dinyatakan dengan energi impak, hasil pengujian seperti diperlihatkan pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Energi yang diserap vs Temperatur tuang

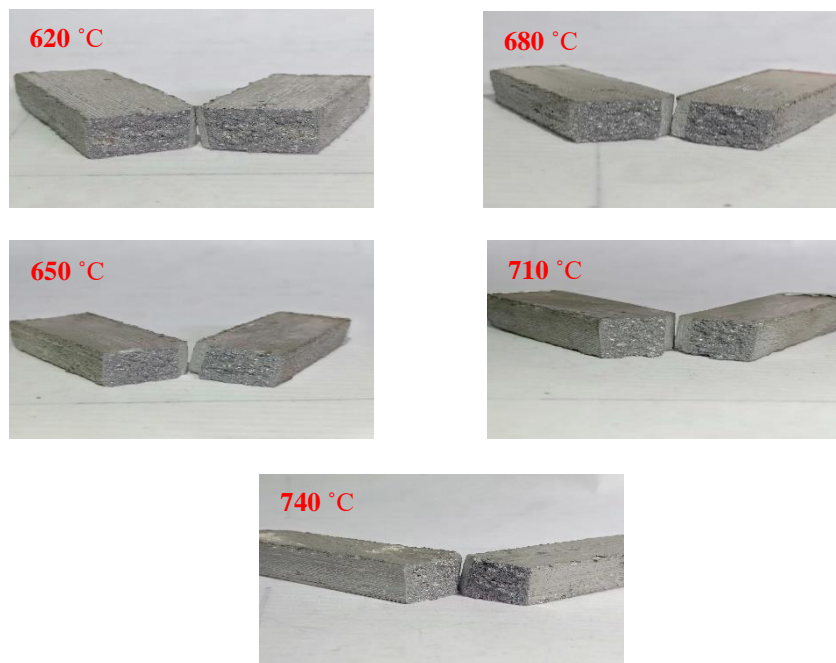
Gambar 3.2 dapat diketahui bahwa kenaikan temperatur tuang pengecoran yang diberikan saat proses pembekuan produk hasil *Cooling Slope* akan menurunkan kekuatan impak bahan alumunium A356 hal ini dikarenakan pada saat temperatur naik maka porositas aluminium akan naik [9]. Energi serap impak yang paling kecil didapatkan pada variasi temperatur tuang 650°C yaitu 9,15 joule dan energi serap impak yang paling besar didapat pada variasi temperatur tuang 710°C yaitu sebesar 14,645 joule.

Hasil pengujian impak terhadap bahan ini dapat juga dinyatakan dalam satuan joule/mm² yang menyatakan nilai impak dari suatu bahan seperti diperlihatkan pada gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Nilai impact vs Temperatur tuang

Gambar bentuk patahan dari sampel uji impact juga relative sama permukaan patahan masih berserabut/bergerigi tidak rata menunjukkan sampel masih memiliki keuletan yang baik. Patahan seperti diperlihatkan pada gambar 3.4 berikut ini :

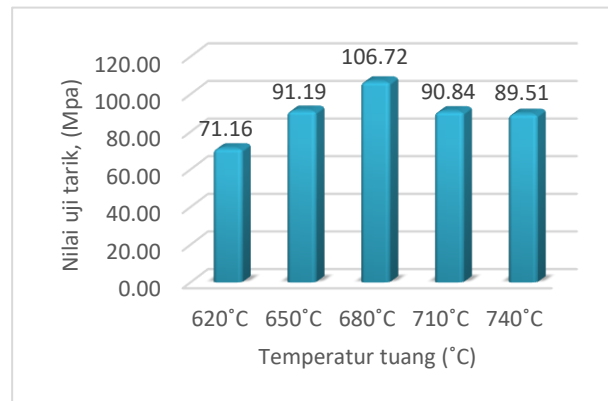


Gambar 3.4 Bentuk patahan sampel setelah dilakukan pengujian impact

Gambar 3.4 diatas memperlihatkan bentuk patahan dari sampel uji impact juga relatif sama permukaan patahan masih berserabut tidak rata menunjukkan sampel masih memiliki keuletan yang baik.

3.3 Hasil pengujian tarik (*Tensile Test*)

Hasil pengujian tarik dari berbagai temperatur tuang pengecoran *cooling slope* pada aluminium A356 dengan variasi temperatur tuang 620°C, 650°C, 680°C, 710°C, dan 740°C. Gambar 3.5 menunjukkan kekuatan tarik hasil pengecoran *cooling slope* pada aluminium A356 dengan variasi temperatur tuang 620°C, 650°C, 680°C, 710°C, dan 740°C. Kekuatan tarik hasil coran *cooling slope* pada aluminium A356 yang tertinggi pada temperatur tuang 680°C dengan nilai kekuatan tarik 106,72 Mpa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah pada temperatur tuang 620°C dengan nilai kekuatan tarik 71,16 Mpa. Penurunan kekuatan tarik ini disebabkan adanya perubahan struktur mikro pada paduan aluminium hasil coran. Perubahan struktur mikro ini disebabkan karena adanya perbedaan waktu pembekuan logam cair. Semakin tinggi temperatur tuang maka waktu pembekuan juga akan semakin lama, sehingga struktur mikronya akan berubah dari struktur aluminium dendrite pada permukaan coran, serta eutektik silikon yang berbentuk serpihan sempit pada temperatur tuang rendah menjadi eutektik silikon dengan serpihan tipis dan pendek diantara dendrite yang renggang. Eutektik silikon yang tipis dan pendek akan berpengaruh terhadap sifat mekanis kekuatan tarik hasil coran yaitu menjadi kekuatan tariknya rendah [10].



Gambar 3.5 Nilai kuat tarik vs Temperatur tuang

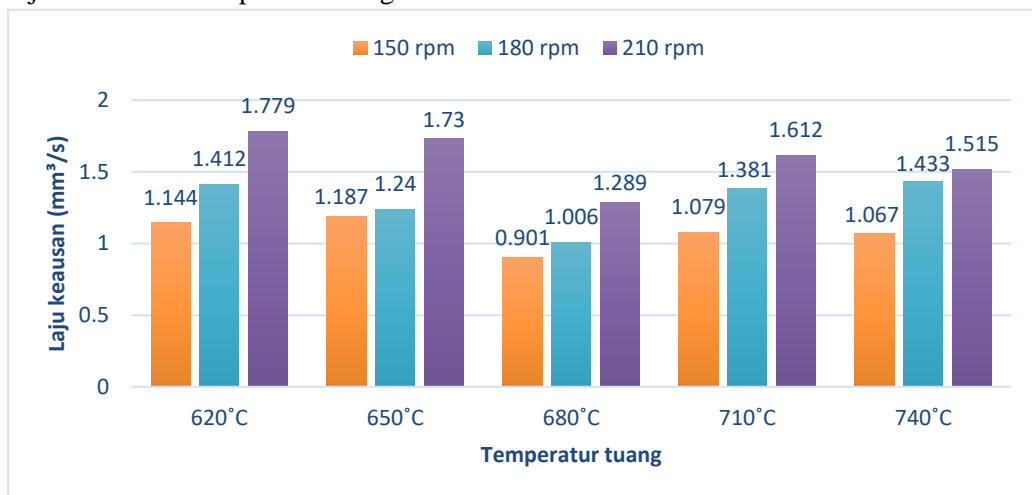
3.4 Hasil pengujian aus (*wear*)

Hasil pengujian ketahanan aus metode pin on disk terhadap bahan aluminium A356 pada berbagai temperatur tuang seperti diperlihatkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil uji keausan variasi temperatur tuang dan variasi putaran

n (rpm)	Sudut	Suhu tuang	$\bar{a}(\mu\text{m})$	$\bar{b}(\mu\text{m})$	$V_p (\text{mm}^3)$	$\psi_p (\text{mm}^3/\text{s})$
210	15	620	1,2776	0,2532	53,38	1,779
		650	1,023	0,3104	51,89	1,730
		680	1,2026	0,1954	38,67	1,289
		710	1,1153	0,2644	48,37	1,612
		740	1,1559	0,2394	45,46	1,515
n (rpm)	Sudut	Suhu tuang	$\bar{a}(\mu\text{m})$	$\bar{b}(\mu\text{m})$	$V_p (\text{mm}^3)$	$\psi_p (\text{mm}^3/\text{s})$
180	15	620	1,1638	0,2216	42,37	1,412
		650	0,9033	0,2532	37,20	1,240
		680	1,0895	0,1691	30,18	1,006
		710	1,1131	0,2269	41,43	1,381
		740	1,1407	0,2296	42,99	1,433
n (rpm)	Sudut	Suhu tuang	$\bar{a}(\mu\text{m})$	$\bar{b}(\mu\text{m})$	$V_p (\text{mm}^3)$	$\psi_p (\text{mm}^3/\text{s})$
150	15	620	1,0559	0,1986	34,32	1,144
		650	0,8973	0,246	35,62	1,187
		680	1,0303	0,1605	27,04	0,901
		710	1,1072	0,1783	32,36	1,079
		740	0,925	0,2125	32,00	1,067

Laju keausan yang diperoleh pada tabel 3.1 selanjutnya dapat dibuatkan grafik temperatur tuang terhadap laju keausan untuk tiga kecepatan sliding yang berbeda. Berikut grafik laju keausan vs temperatur tuang:



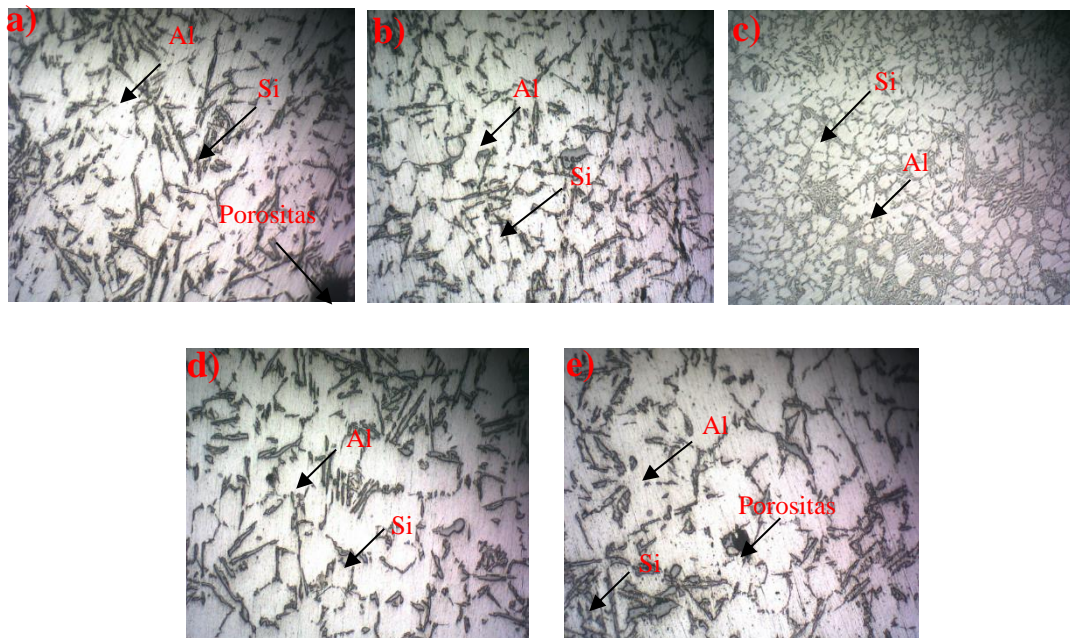
Gambar 3.6 Grafik laju keausan vs Temperatur tuang

Dari gambar 3.6 memperlihatkan kenaikan laju keausan pada bahan Aluminium A356 dengan variasi temperatur penuangan 620°C, 650°C, 680°C, 710°C, dan 740°C. Laju keausan bertambah seiring dengan peningkatan putaran. Secara experiment kenaikan temperatur penuangan dapat menurunkan laju keausan, pada gambar 3.6 diperoleh laju keausan paling rendah terjadi pada suhu penuangan 680°C untuk semua kecepatan

sliding, hal ini berkesesuaian dengan hasil pengujian kekerasan dan *tensile strength*. Sebaliknya laju keausan terbesar diperoleh pada suhu tuang 620°C kecepatan 210 rpm, data ini juga sesuai dengan hasil uji kekerasan dan *tensile strength* yang memiliki kekuatan terendah pada temperatur ini. Meningkatnya kekerasan dan uji tarik pada material Aluminium A356 variasi temperatur penuangan dengan metode *cooling slope* dapat mengurangi laju keausan pada saat pengujian dengan menggunakan metode pin on disk.

3.5 Hasil pengujian mikrostruktur

Pengujian mikrostruktur dilakukan menggunakan mikroskop optic untuk melihat bentuk butiran yang terbentuk, hasilnya seperti diperlihatkan pada gambar 3.7 berikut :



Gambar 3.7 Photo mikro sampel A356 Temperatur pembesaran 100x,
a) 620°C b) 650°C, c) 680°C, d) 710°C, e) 740°C

Gambar 3.7 memperlihatkan hasil photo mikro variasi temperatur tuang pada rentang suhu 620°C, 650°C, 680°C, 710°C, 740°C dan kemiringan slope 15° tidak memberikan perubahan struktur yang signifikan, dilihat dari ukuran butir (*grain*) pada suhu 650°C dan 680°C memiliki ukuran butir yang lebih kecil dibandingkan suhu 620°C dan 710°C. Mikrostruktur pada temperatur tuang 620°C juga memperlihatkan porositas yang cukup besar, keberadaan porositas di bagian dalam coran tentunya akan menurunkan sifat mekanis coran.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kenaikan temperatur tuang pada range yang diambil akan menaikkan nilai kekerasan, nilai *brinell hardness number* yang diperoleh pada hasil coran yang paling tinggi sebesar 52,8 BHN pada temperatur 680°C dan paling rendah sebesar 47,7 BHN pada temperatur 620°C.
2. Hasil pengujian impak yang telah dilakukan terlihat energi yang diserap paling tinggi diperoleh pada temperatur 710°C sebesar 14,6 Joule dan paling rendah pada temperatur 650°C sebesar 9,15 Joule. Diketahui bahwa kenaikan temperatur tuang akan menaikkan porositas.
3. Hasil pengujian tarik yang telah dilakukan terlihat nilai tarik paling tinggi diperoleh pada temperatur 680°C sebesar 106,72 Mpa dan paling rendah pada temperatur 620°C sebesar 71,16 Mpa. Penurunan kekuatan tarik ini disebabkan adanya perubahan mikro pada hasil coran. Perubahan struktur mikro tersebut karena adanya perbedaan waktu pembekuan logam cair.
4. Hasil pengujian keausan yang telah dilakukan terlihat laju keausan yang paling rendah diperoleh pada temperatur 680°C yaitu 1,289 mm³/s, hal ini sesuai dengan hasil pengujian kekerasan dan *tensile strenght*. Sebaliknya laju keausan terbesar diperoleh pada temperatur 620°C yaitu 1,779 mm³/s, hal ini sesuai dengan hasil pengujian kekerasan dan *tensile strenght*.
5. Variasi temperatur tuang pada rentang suhu 620°C, 650°C, 680°C, 710°C, 740°C dan kemiringan slope 15° tidak memberikan perubahan struktur yang signifikan, dilihat dari ukuran butir (*grain*) pada suhu 650°C dan 680°C memiliki ukuran butir yang lebih kecil dibandingkan suhu 620°C dan 710°C. Mikrostruktur pada temperatur tuang 620°C juga memperlihatkan porositas yang cukup besar, keberadaan porositas di bagian dalam coran tentunya akan menurunkan sifat mekanis coran.

Referensi

- [1] Surdia Tata dan Kenji Chijiwa. 2000. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [2] Y.C. Lee, A.K. Dahle, D.H. StJohn, *The role of solute in grain refinement of magnesium*, *Metallurgical and Materials Transactions A*. 31 (2000) 2895–2906.
- [3] Y. Birol, *Semi-solid processing of the primary aluminium die casting alloy A365*, *Journal of Alloys and Compounds*. 473 (2009) 133–138.
- [4] D.M. Adss, *Effect Of Cooling Slope Casting Parameters On The Thixotropic Microstructure Of A356 Aluminum Alloy*, (2015).

- [5] A. Muumbo, M. Takita, H. Nomura, Processing of semi-solid gray cast iron using the cooling plate technique, *Materials Transactions*. 44 (2003) 893–900.
- [6] H. Watari, K. Davey, M.T. Rasgado, T. Haga, S. Izawa, Semi-solid manufacturing process of magnesium alloys by twin-roll casting, *Journal of Materials Processing Technology*. 155–156 (2004) 1662–1667.
- [7] F. Taghavi, A. Ghassemi, Study on the effects of the length and angle of inclined plate on the thixotropic microstructure of A356 aluminum alloy, *Materials and Design*. 30 (2009) 1762–1767.
- [8] A. Mehmood, M. Shah, N.A. Sheikh, J.A. Qayyum, S. Khushnood, Grain refinement of ASTM A356 aluminum alloy using sloping plate process through gravity die casting, *Alexandria Engineering Journal*.
- [9] Tugiman dan Suprianto, 2014, “*Pengaruh temperatur Tuang terhadap Sifat Mekanis dan Mikrostruktur Coran A356 Menggunakan Metode Stir Casting*”.
- [10] Wijoyo, 2012,” *Pengaruh Temperatur Tuang Pada Pengecoran Lost Foam Terhadap Kekuatan Tarik Paduan Aluminium*”. Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Surakarta.