

**PENGARUH TEKANAN DAN TEMPERATUR TUANG PADUAN Al34,96%-  
Si38,8%-Cu15,9% TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PRODUK SEPATU  
REM MELALUI TEKNIK HIGH PRESSURE DIE CASTING**

**Sugeng Slamet<sup>1\*</sup>, Faisal Musyaddad<sup>2</sup>, Rianto Wibowo<sup>3</sup>**

<sup>123</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus  
Gondangmanis, PO Box 53, Bae, Kudus 59352

\*Email: sugeng.slamet@umk.ac.id

**Abstrak**

*Sepatu rem merupakan komponen penting dalam sistem rem pada kendaraan bermotor. Komponen sepatu rem tergolong suku cadang habis pakai dan harus dilakukan pergantian secara berkala. Metode yang sering digunakan untuk memproduksi sepatu rem adalah metode gravity casting, sehingga hasilnya belum memenuhi standar kualitas yang diinginkan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh tekanan dan temperatur tuang paduan Al34,96%-Si38,8%-Cu15,9% dengan metode High Pressure Die Casting/HPDC. Material yang digunakan adalah Al34,96%-Si38,8%-Cu15,9%. Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah temperatur tuang 650°C dan 700°C, tekanan 14,71 MPa dan 19,61 MPa. Pengujian yang dilakukan adalah uji porositas, uji struktur mikro dan uji kekerasan. Hasil pengujian porositas pada temperatur tuang 650°C dengan tekanan 14,71MPa dan 19,61MPa adalah 14,2% dan 31,3%, temperatur tuang 700°C adalah 25,8% dan 39,4%. Hasil pengujian struktur mikro memperlihatkan pertumbuhan silikon primer yang semakin membesar seiring peningkatan temperatur tuang dan tekanan. Pembesaran silikon primer dan presipitasi mengakibatkan nilai kekerasan semakin menurun. Hasil pengujian kekerasan pada temperatur tuang 650°C tekanan 14,71MPa dan 19,61MPa adalah 160,27 HVN dan 129,39 HVN, temperatur tuang 700°C tekanan 14,71MPa dan 19,61MPa adalah 122,13 HVN dan 102,32 HVN.*

**Kata kunci:** Al-Si-Cu; HPDC; Mikrostruktur; Sepatu Rem; Sifat Mekanis

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri otomotif di Indonesia sekarang mengalami kemajuan sangat pesat, khususnya jenis sepeda motor. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI) produksi sepeda motor pada tahun 2012 sebanyak 7 juta unit, tahun 2013 sebanyak 7,7 juta unit, tahun 2014 sebanyak 7,8 juta unit, tahun 2015 sebanyak 8,4 juta unit dan tahun 2016 sebanyak 8,9 juta unit. Peningkatan produksi sepeda motor akan berdampak pada kebutuhan komponen yang ada pada sepeda motor tersebut. Salah satu komponen yang penting pada sepeda motor adalah sistem rem.

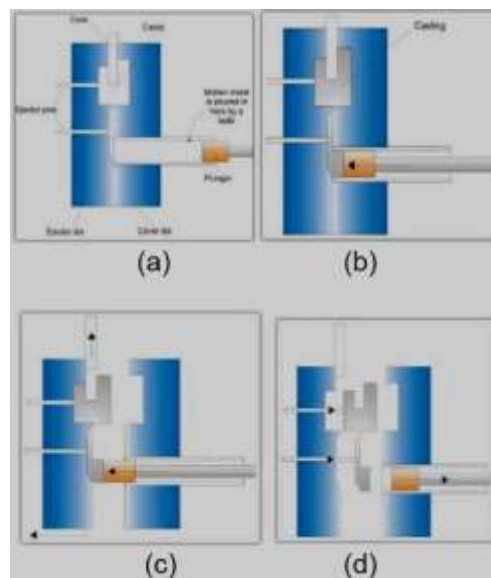
Komponen rem merupakan salah satu suku cadang pada sebuah sepeda motor yang berfungsi mengurangi kecepatan dan menghentikan laju kendaraan. Komponen rem tergolong suku cadang habis pakai dan harus dilakukan pergantian sesuai waktunya. Sistem rem pada sebuah sepeda motor sendiri dibagi menjadi dua jenis, yaitu rem cakram dan tromol. Sistem rem tromol terdapat beberapa komponen salah satunya adalah sepatu rem.

Sepatu rem berfungsi sebagai tempat melekatnya kampas rem. Kebutuhan penggunaan sepatu rem semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah sepeda motor. Hal inilah yang mendorong industri utamanya industri pengecoran logam untuk memproduksi sepatu rem. Produksi sepatu rem tidak hanya dilakukan industri berskala besar, akan tetapi juga dilakukan industri kecil dan menengah. Tantangan yang dihadapi oleh industri kecil menengah adalah kemampuan bersaing dengan industri besar dengan keterbatasan pengetahuan dan teknologi dibidang pengecoran logam.

Produk sepatu kampas rem dengan teknik pengecoran tuang (*gravity casting*) banyak ditemukan porositas yang rentan terhadap retak. Aluminium daur ulang mengandung Fe (besi) merupakan unsur pengotor yang dapat menyebabkan turunnya kekuatan dan

ketahanan terhadap korosi (Smith, 1993) dan merupakan masalah utama dalam industri pengecoran aluminium daur ulang (Mondolfo, 1976).

Pengecoran HPDC adalah proses pengecoran dengan cara menginjeksikan logam cair ke dalam cetakan dan memberikan tekanan selama pembekuan dalam ruang tertutup. HPDC *cold chamber* digunakan untuk logam dengan temperatur tuang tinggi seperti aluminium, tembaga dan paduannya (Harjanto, dkk, 2008). HPDC dengan penggerak hidrolis digunakan untuk memproduksi bilah gamelan berbahan kuningan (Slamet, S, dkk, 2016). Produk sepatu kampas rem dengan material aluminium daur ulang melalui teknik *squeeze* mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanis (Darmanto, dkk, 2012). Pengecoran HPDC pada material ADC < 12%Si pada temperatur 700°C-800°C terhadap densitas dan porositas tidak banyak berpengaruh banyak, sedangkan untuk kekerasan bahan meningkat (Chamdani, dkk, 2011). Aluminium daur ulang banyak digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan komponen kendaraan bermotor melalui teknik HPDC. Referensi mengenai paduan aluminium daur ulang diharapkan dapat memberikan pengetahuan bagi produsen komponen sepatu rem untuk meningkatkan kualitasnya. Gambar 1. menunjukkan langkah kerja teknik pengecoran HPDC.



**Gambar 1. Prinsip kerja teknik pengecoran logam dengan tekanan (Campbell, 1991)**

Penelitian ini menginvestigasi sifat fisis dan mekanis sepatu rem berbahan Al-Si-Cu hasil daur ulang melalui variasi temperatur tuang dan tekanan dengan teknik high pressure die casting.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan paduan aluminium Al34,96%-Si38,8%-Cu15,9% hasil daur ulang. Alat pengecoran logam yang digunakan adalah mesin HPDC, *permanent mold*, *thermometer laser*, dapur peleburan, kowi grafit, tabung bahan bakar, burner dan ladle. Perlakuan spesimen menggunakan alat gerinda potong, timbangan digital, *vernier caliper*, *mounting* dan mesin *polish*. Pengujian spesimen menggunakan alat *spectrometer*, alat uji kekerasan *vickers*, dan mikroskop optik untuk uji struktur mikro.

Material daur ulang Al34,96%-Si38,8%-Cu15,9% ditempatkan dalam kowi grafit dan dilebur menggunakan dapur *crucible*. Temperatur pada mesin HPDC diatur sampai temperatur 150°C untuk mengurangi laju pembekuan logam cair. Cetakan tidak dilakukan proses *preheating*. Tekanan kerja pada mesin HPDC yaitu 14,71 MPa dan 19,61 MPa. Temperatur tuang logam cair 650°C dan 700°C. Paduan yang sudah melebur selanjutnya

dituang kedalam *hopper* mesin HPDC dan dilakukan penekanan sesuai variabel dalam penelitian ini. Gambar 2. menunjukkan mesin HPDC yang digunakan dalam penelitian.

Hasil pengecoran dari berbagai varisai penelitian dibuat spesimen sesuai kebutuhan. Pengujian yang dilakukan adalah uji porositas, uji struktur mikro dan kekerasan VHN. Pengujian porositas dihitung menggunakan persamaan 1 dibawah ini.

$$\%P = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho_{th}}\right) \times 100\% \quad (1)$$

Dimana :

%P : Persentase porositas (%)

$\rho_m$  : Densitas aktual (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{th}$  : Densitas teoritis (gram/cm<sup>3</sup>)



**Gambar 2. Mesin HPDC**

Pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 100X dan kekerasan menggunakan uji Vickers. Spesimen dimounting dengan resin dan dipolis menggunakan amplas mesh 1000 dan 1500. Gambar 3. menunjukkan mikroskop optik dan neraca untuk uji densitas.



(a)

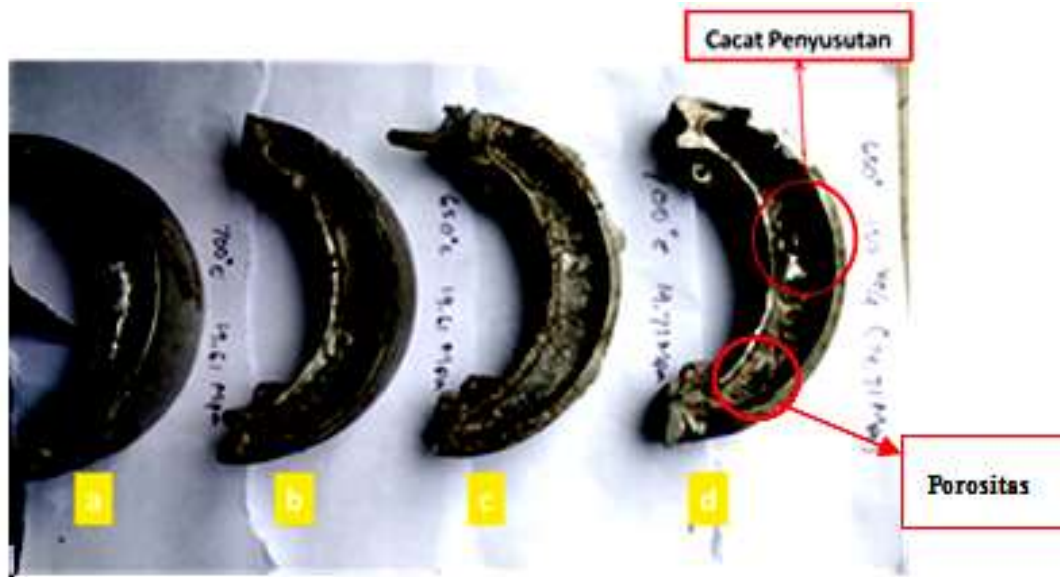


(b)

**Gambar 3. (a) Mikroskop optik (b) Neraca uji densitas**

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk hasil pengecoran sepatu rem menggunakan material Al34,96%-Si38,8%-Cu15,9% ditunjukkan pada gambar 4. Porositas dan penyusutan volume merupakan cacat yang sering ditemukan di produk hasil pengecoran.



**Gambar 4. Hasil coran dengan temperatur dan tekanan (a) 700°C-19,61MPa (b) 650°C-19,61MPa (c) 700°C-14,71MPa (d) 650°C-14,71MPa**

Gambar 4(d). menunjukkan hasil pengecoran HPDC pada sepatu rem masih terdapat cacat rongga cor yang disebabkan adanya udara terjebak dalam logam cair. Penyusutan juga terjadi karena gradien temperatur antara logam cair dan dinding cetakan relatif besar. Hal ini akan meningkatkan laju pembekuan yang mana temperatur logam cair dengan cepat diserap oleh cetakan. Paduan aluminium merupakan logam dengan tingkat penyusutan paling besar. Tabel 1. menunjukkan prosen penyusutan material cor.

**Tabel 1. Penyusutan yang terjadi pada material (Surdia, dkk, 1975)**

Material logam	Penyusutan (%)
Baja karbon	2
Besi tuang kelabu	1
Besi tuang putih	1,5
Aluminium	6

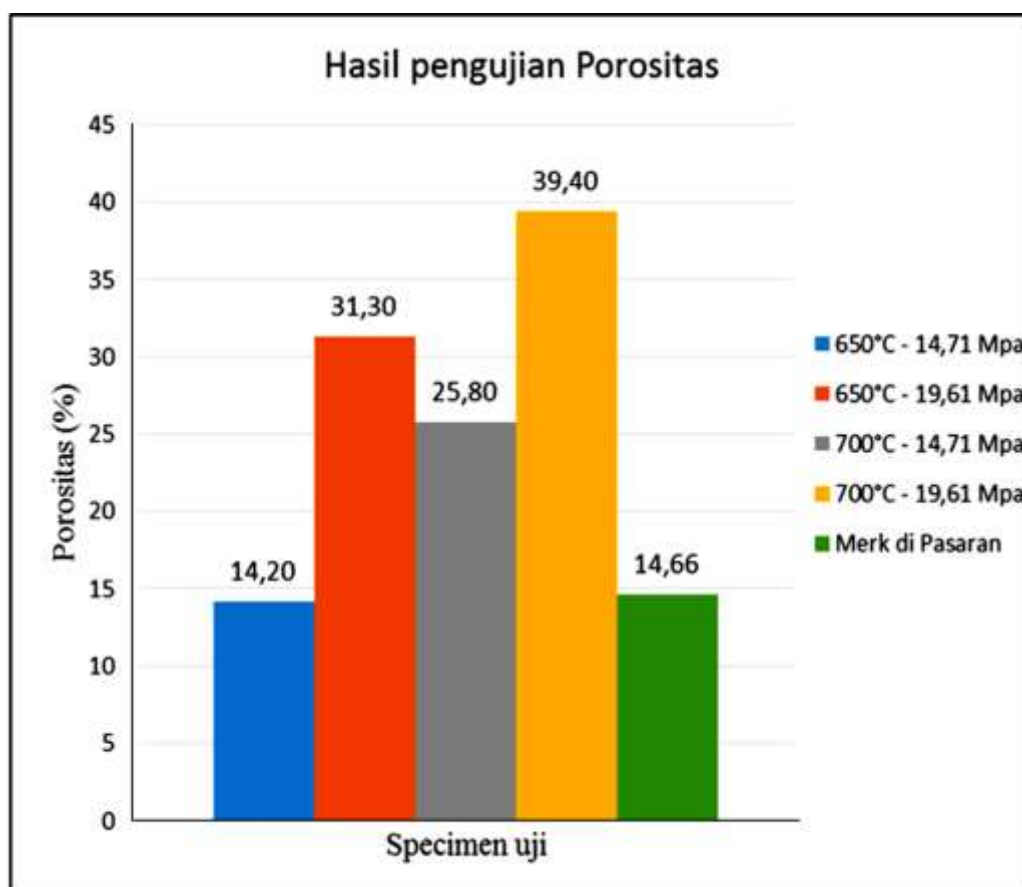
Hasil pengujian material paduan aluminium daur ulang dengan uji spektrometri ditunjukkan pada tabel 2.

**Tabel 2. Komposisi material**

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Pb	Sn
34,96	38,8	3,29	15,9	0,285	1,40	2,06	1,30	1,26

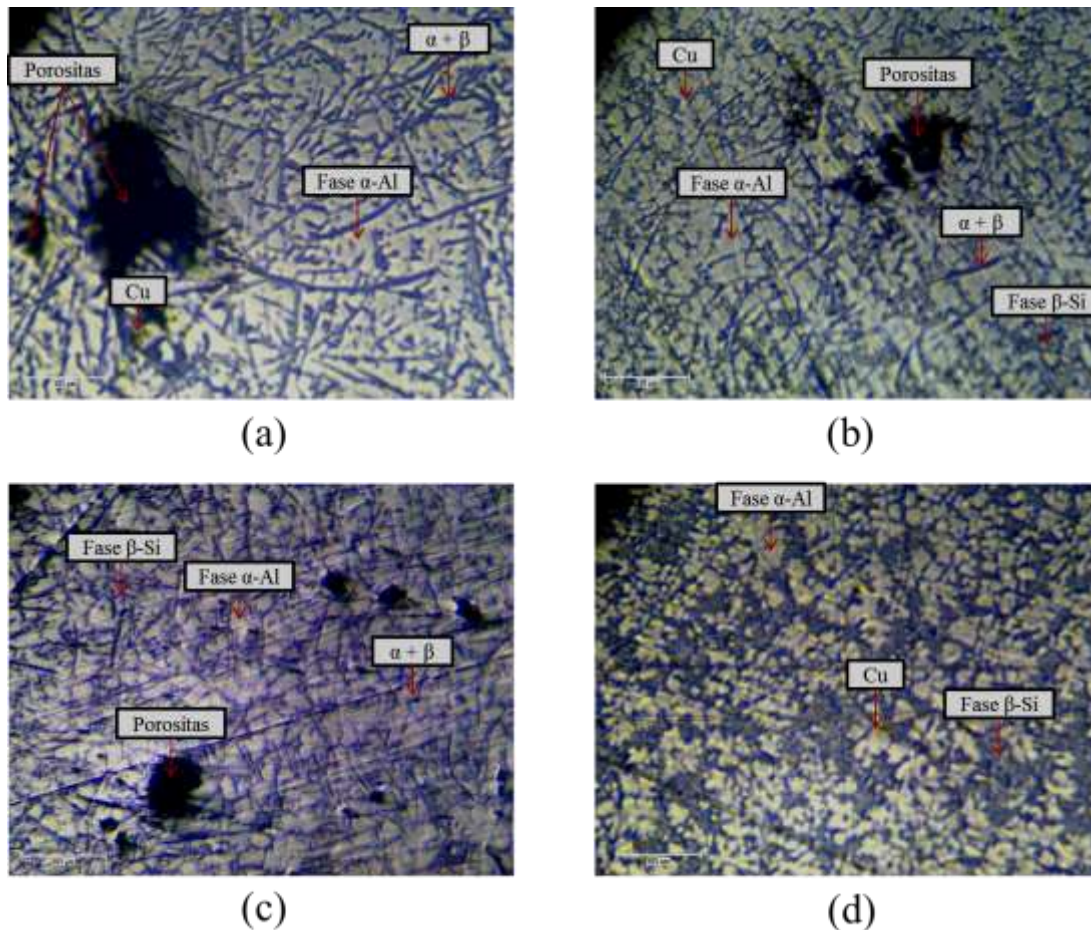
Peningkatan temperatur tuang menyebabkan kenaikan porositas paduan Al34,96%-Si38,8%-Cu15,9%. Peningkatan tekanan *High Pressure Die Casting* sebesar 14,71 MPa dan 19,61MPa tidak signifikan menurunkan porositas. Hal ini dapat disebabkan beberapa faktor antara lain besarnya laju pembekuan yang menyebabkan tekanan tidak cukup efektif memampatkan logam cair. Porositas dapat juga terjadi dengan meningkatnya jumlah udara yang terikat dalam logam cair akibat kenaikan temperatur tuang. Tinggi penuangan logam cair ke dalam *hopper* HPDC juga perlu diperhatikan sehingga tidak terbentuk turbulensi

aliran logam cair yang dapat membentuk rongga dalam benda cor. Temperatur 650°C dan tekanan 14,71 MPa cukup signifikan menurunkan porositas sebanding dengan produk sejenis di pasaran dengan selisih 0,46%. Prosen porositas sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5.



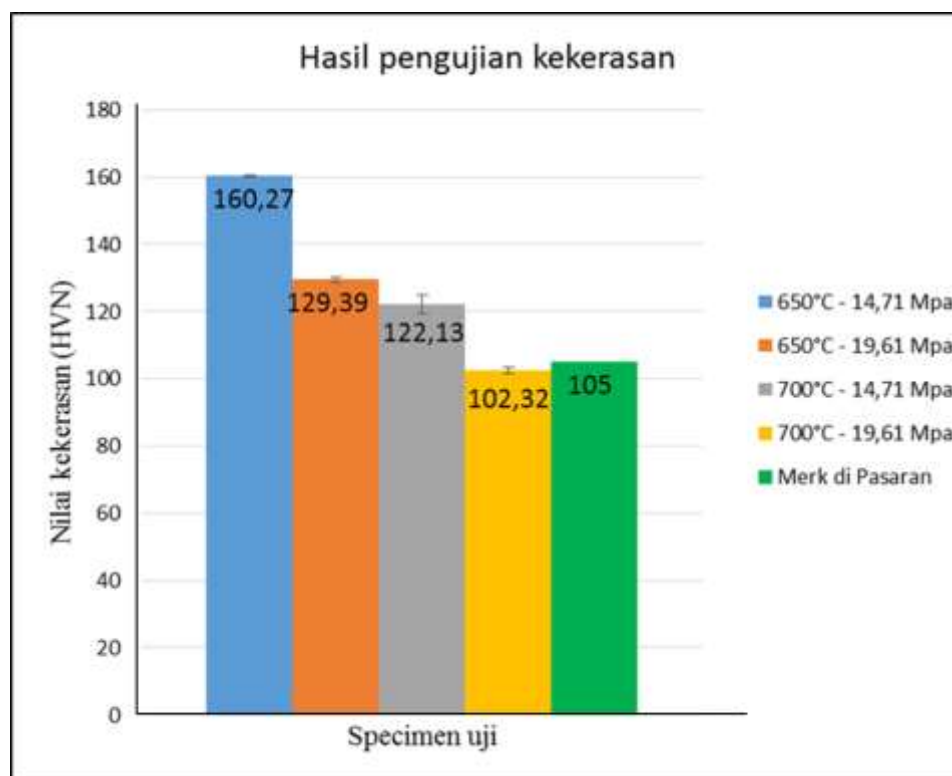
**Gambar 5. Perbandingan porositas HPDC dan merk dipasaran**

Pengamatan struktur mikro menunjukkan unsur silikon pada temperatur 700°C dengan tekanan 19,61 MPa semakin membesar dan terjadi presipitasi ada batas butir. Peningkatan temperatur tuang menyebabkan pertumbuhan inti meningkat dan laju pembekuan relatif lambat. Temperatur tuang yang tinggi mengakibatkan bertambahnya waktu pembekuan dan meningkatnya fasa silikon (Sulis, 2016). Temperatur 650°C menunjukkan unsur silikon membentuk serpihan plat yang menyebar sedangkan pada temperatur 750°C unsur silikon cenderung mengumpul dan membentuk serpihan tebal pada batas butir. Struktur mikro menunjukkan porositas lubang yang disebabkan oleh adanya udara terjebak dalam paduan. Gambar 6. menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro.



**Gambar 6. Struktur mikro pengecoran HPDC dengan variabel temperatur dan tekanan (a) 650°C-14,71 MPa (b) 650°C-19,61 MPa (c) 700°C-14,71 MPa (d) 700°C-19,61 MPa.**

Hasil pengujian kekerasan produk HPDC dibandingkan dengan produk di pasaran ditunjukkan pada gambar 7. Nilai kekerasan paduan tertinggi pada temperatur 650°C, tekanan 14,71 MPa sebesar 160,27 HVN. Nilai kekerasan terendah pada 700°C, tekanan 19,61 MPa yaitu 102,32 HVN.



**Gambar 7. Kekerasan HVN produk HPDC dan merk di pasaran**

Peningkatan temperatur tuang menyebabkan nilai kekerasan paduan menurun. Temperatur tuang 650°C menunjukkan nilai kekerasan paduan lebih tinggi dibanding dengan nilai kekerasan produk di pasaran. Menurunnya nilai kekerasan diakibatkan oleh pertumbuhan silikon yang semakin membesar seiring dengan kenaikan temperatur tuang dan tekanan. Hal ini menjadi rekomendasi bagi industri pengecoran logam untuk meningkatkan kualitas produk melalui perlakuan tersebut.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian menggunakan material daur ulang Al34,96%-Si38,8%-Cu15,9% dengan teknik *High Pressure Die Casting* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Peningkatan temperatur tuang menurunkan nilai kekerasan paduan, nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada temperatur tuang 650°C dengan tekanan 14,71 MPa.
- 2) Peningkatan temperatur tuang menyebabkan fase silikon dan porositas paduan meningkat yang dapat menurunkan sifat mekanisnya.
- 3) Peningkatan temperatur tuang dan tekanan tidak secara signifikan meningkatkan sifat mekanis paduan.
- 4) Temperatur tuang 650°C dengan tekanan 14,71 MPa direkomendasikan untuk dapat mengimbangi produk sejenis di pasaran.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan pada pengelola laboratorium teknik pengecoran logam Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus, Laboratorium bahan teknik Universitas Gadjah Mada dan UPT logam kuningin di Juwana-Kabupaten Pati.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Chamdani, Nasrudin A, Bayuseno, A.P, (2011), *ADC12 Sebagai Material Sepatu Rem Menggunakan Pengecoran High Pressure Die Casting dengan Variasi Temperatur Penuangan*, thesis, Universitas Diponegoro.
- Campbell, J., (1991), *Castings*, ISBN: 0-7506-1696-2, University of Birmingham.

- Darmanto, Respati Bondan S.M, Purwanto H, (2012), *Pengembangan mekanisme dan kualitas produksi sepatu kampas rem berbahan aluminium daur ulang dengan metode pengecoran squeeze*, Prosiding SNST 5, ISBN 978-602-99334-3-7, Universitas Wahid Hasyim.
- Harjanto, B., Suyitno, (2009), *Pengaruh Temperatur Tuang dan Temperatur Cetakan pada High Pressure Die Casting Berbentuk Piston Paduan Aluminium Silikon*, thesis, Universitas Gadjah Mada.
- Mondolfo, L.F., (1976), *Aluminium alloys: Structure and Properties*, Butterworths, London.
- Slamet, S., Sukis, M, (2016), *Perancangan Mesin High Pressure Die Casting untuk memproduksi produk gamelan (studi kasus: prototipe gamelan jenis saron*, Prosiding SNATIF ISBN: 978-602-1180-33-4, Universitas Muria Kudus.
- Sulis, (2016), *Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan dan Tekanan pada Pengecoran Bertekanan (HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si7,79%)*, Universitas Muhammadiyah Metro, Lampung.
- Surdia, T., Chijjiwa, K., (1975), *Teknik pengecoran logam*, Cetakan I, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Smith, W.F., (1993), *Structure and properties of Engineering alloys*, Mc.Graw-Hill inc. Second Edition