

## PENGEMBANGAN METODE PENGECORAN *SQUEEZE* UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS SEPATU KAMPAS REM KENDARAAN BERMOTOR BERBAHAN ALUMINIUM DAUR ULANG

**Darmanto\*, Helmy Purwanto, Sri Mulyo Bondan Respati**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236

\*Email: darmanto\_uwh@yahoo.co.id

### Abstrak

*Sepatu kampas rem merupakan salah satu komponen kendaraan bermotor yang umur pemakaiannya relatif pendek. Karakteristik fisis dan mekanis diperlukan pada sepatu kampas rem yang berbahan aluminium dalam proses pengecoran dan produksinya. Tujuan dari penelitian ini adalah mendisain dan membuat proses pengecoran squeeze dalam produksi sepatu kampas rem dan mengetahui perbedaan kualitas produksi menggunakan pengecoran squeeze berbahan aluminium daur ulang dengan produk yang beredar dipasaran terhadap struktur mikro dan kekerasan. Paduan di tuang pada temperatur 600 dan 700 °C pada cetakan yang dipanaskan pada temperatur 400°C dan ditekan pada tekanan 125,71 MPa. Hasil menunjukkan bahwa produksi sepatu kampas rem dapat dibuat secara sederhana dengan menggunakan sistem pengecoran squeeze dan metode ini dapat menghasilkan coran dengan sedikit porositas yaitu pada tekanan 125,71 MPa porositas rata-ratanya adalah 2,04% dan kekerasan pada temperatur tuang 600°C sebesar 72,80 BHN, pada temperatur tuang 700°C adalah 68,53 BH, sedangkan sepatu kampas rem yang beredar di pasaran mempunyai porositas 14,66% dengan kekerasan 90,90 BHN. Sehingga metode ini dapat digunakan oleh industri kecil pengecoran daur ulang untuk membuat sepatu kampas rem.*

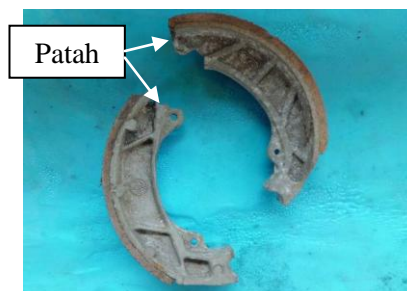
**Kata kunci :** sepatu kampas rem, squeeze, industri kecil, aluminium daur ulang

### 1. PENDAHULUAN

Sepatu kampas rem merupakan salah satu komponen kendaraan bermotor yang umur pemakaiannya relatif pendek. Karakteristik fisis dan mekanis diperlukan pada sepatu kampas rem yang berbahan aluminium dalam proses pengecoran dan produksinya.

Industri pengecoran aluminium lokal (Industri Kecil Menengah/ IKM), disamping menggunakan proses pengecoran tuang (*gravity casting*) sehingga ditemukan banyak porositas yang merupakan faktor inisiasi retak serta paduan yang digunakan adalah Al-Si daur ulang yang mengandung unsur Fe (besi). Proses peleburan digunakan peralatan dari besi (mengandung unsur Fe) sehingga dalam proses, unsur Fe akan bertambah pada paduan. Fe dalam paduan merupakan unsur pengotor yang menyebabkan turunnya kekuatan dan ketahanan terhadap korosi (Smith, 1993), dan ini merupakan masalah yang utama dalam industri pengecoran aluminium daur ulang (Mondolfo, 1976).

Beban pengereman salah satunya di tumpu oleh sepatu kampas rem, sehingga sepatu kampas rem harus mampu menerima beban dari pengereman. Kerusakan sepatu kampas rem ditunjukkan pada gambar 1. Patah pada kampas rem terutama pada bagian leher disebabkan karena bagian tersebut adalah bagian yang paling kritis yaitu dimensi yang kecil dan tumpuan beban pengungkit. Kerusakan juga dapat disebabkan kualitas material atau proses produksi tidak optimal sehingga produk coran banyak terdapat cacat misalnya cacat porositas, penyusutan dan retak.



**Gambar 1.** Kerusakan sepatu kampas rem

Dari latar belakang tersebut perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk membuat sepatu kampas rem yang mampu menahan beban dari bahan daur ulang yang dapat diproduksi oleh industri kecil.

Respati (2010), melakukan penelitian pengaruh tekanan dan temperatur cetakan terhadap struktur mikro dan kekerasan hasil pengecoran pada material aluminium daur ulang dengan menggunakan metode pengecoran *squeeze*. Material aluminium daur ulang dilebur dan dituang pada temperatur 700°C kedalam cetakan yang berbentuk die punch dengan temperatur 300 dan 400°C. Cetakan di berikan tekanan pada saat pembekuan sebesar 10, 20 dan 30 Mpa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengecoran *squeeze* mampu mengurangi cacat penyusutan, struktur silikon semakin halus, meningkatkan dan meratakan distribusi kekerasan Brinell. Penurunan temperatur cetakan menyebabkan struktur silikon semakin halus dan kekerasan naik.

Aluminium murni mempunyai sifat mekanis yang kurang baik, untuk menaikkan sifat mekaniknya, maka aluminium dipadu dengan unsur Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya. Satu atau bersamaan unsur tersebut dalam paduan memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, aus, dan menurunkan koefisien muai (Surdia dan Saito, 1992).

Pengecoran *squeeze* atau *squeeze casting* adalah proses pengecoran dimana logam cair dibekukan di bawah tekanan yang relatif tinggi dalam cetakan logam yang umumnya dibuat dengan sistim *die punch*. Pengecoran *squeeze* pertama kali diperkenalkan oleh Chernov seorang berkebangsaan Russia pada tahun 1878. Proses ini pada dasarnya mengkombinasikan keuntungan-keuntungan pada proses tempa (*forging*) dan proses cor (*casting*).

Hasil proses pengecoran *squeeze* adalah produk yang mendekati ukuran standarnya (*near-net shape*) dengan kualitas yang baik, sehingga dapat meminimalkan pengerjaan mesin selanjutnya. Sedangkan struktur-mikro hasil pengecoran *squeeze* tampak lebih padat dibandingkan dengan hasil pengecoran dengan cara tuang atau *gravity* (Yue dan Chadwick, 1995). Hal ini terjadi karena kontak logam cair dengan permukaan *die* memungkinkan terjadinya perpindahan panas yang cukup cepat sehingga menghasilkan struktur mikro yang homogen dengan sifat mekanik yang lebih baik.

Besar butir dan kerapatan akan berpengaruh terhadap kekuatan dari material. Besar butir dan kerapatan material yang pengerjaannya melalui proses pengecoran dapat dipegaruhi oleh jenis cetakan dan jenis proses pengecoran serta pembekuannya.

Effek perlakuan tekanan terhadap pembekuan dirumuskan berdasarkan persamaan Clausius-Clapeyron :

$$\frac{\Delta T_f}{\Delta P} = \frac{T_f (V_l - V_s)}{\Delta H_f} \quad (1)$$

$$P = P_0 \exp\left(\frac{-\Delta H_f}{RT_f}\right) \quad (2)$$

dimana,  $\Delta T_f$  adalah perubahan temperatur beku,  $\Delta P$  adalah kenaikan tekanan,  $T_f$  adalah temperatur beku logam coran,  $V_l$  dan  $V_s$  adalah volume spesifik pada saat cair dan padat,  $\Delta H_f$  adalah beda panas laten,  $P$  adalah tekanan,  $P_0$  adalah tekanan mula

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan paduan aluminium daur ulang (sepatu kampas rem bekas) yang diperoleh dari salah satu bengkel sepeda motor resmi salah satu merek. Ingot di lebur dalam krusibel pada dapur menggunakan bahan bakar arang kayu hingga pada temperatur 600 dan 700 °C. Cetakan (*die*) dipanaskan dengan menggunakan pemanas dengan bahan bakar elpiji pada temperatur 400 °C. Setelah mencapai temperatur penelitian paduan di tuangkan pada *die* dan ditutup dengan *punch*. Cetakan (*die - punch*) ditekan pada mesin hidroulis pada tekanan 125,71 MPa dan ditahan selama 75 – 100 detik.



**Gambar 2** Perangkat sistem Hidrolis dan dapur peleburan

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Komposisi Kimia*

Hasil pengujian komposisi kimia ditunjukkan pada tabel 1, menunjukkan bahwa bahan sepatu kampas rem adalah paduan dasar aluminium silikon (Al-Si). Silikon jika dipadukan dengan aluminium dapat meningkatkan kekuatan dan kemampuan cor (*castability*), tetapi kandungan Si yang semakin tinggi akan meningkatkan kekuatan tetapi juga menyebabkan material tersebut menjadi getas (*britel*). Komposisi antara bahan dasar, ingot dan hasil pengecoran tidak mengalami perubahan signifikan sehingga dalam proses peleburan ulang tidak mempengaruhi berubahnya komposisi paduan.

**Tabel 1.** Komposisi paduan

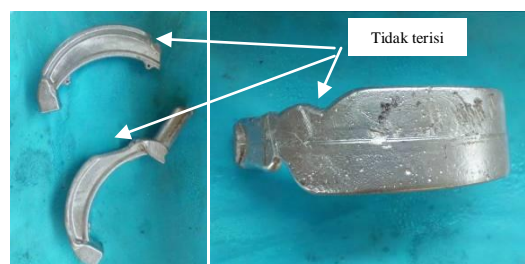
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn
<b>Bahan Dasar</b>	88.74	8.56	0.77	0.548	0.226	0.05	0.015	0.0631	0.823
<b>Ingot</b>	88.21	8.37	0.765	0.458	0.205	0.05	0.015	0.047	1.68
<b>Hasil Pengecoran</b>	88.34	8.23	0.764	0.476	0.216	0.05	0.015	0.0468	1.65

	Sn	Ti	Pb	Be	Ca	Sr	V	Zr
<b>Bahan Dasar</b>	0.5	0.01	0.103	0.0002	0.0083	0.0005	0.01	0.0414
<b>Ingot</b>	0.05	0.01	0.106	0.0002	0.0191	0.0005	0.01	0.0338
<b>Hasil Pengecoran</b>	0.05	0.01	0.11	0.0001	0.0017	0.0005	0.01	0.0439

#### *Hasil Pengecoran*

Cacat penyusutan juga terlihat pada bagian pungung. Penyusutan disebabkan perubahan volume logam pada kondisi cair ke kondisi padat. Cacat penyusutan terjadi pada bagian yang paling besar volumenya pada bagian coran karena bagian tersebut adalah bagian yang paling terakhir membeku sehingga logam cair pada bagian tersebut akan terhisap oleh bagian lain yang membeku terlebih dahulu. Metode pengecoran tuang kuarang mampu mengatasi cacat penyusutan karena volume cairan dalam cetakan sama besar dengan volume logam pada kondisi cair sehingga jika metode ini tidak diberi saluran penambah maka cacat penyusutan tidak dapat dihindari.



**Gambar 3.** Hasil pengecoran tuang

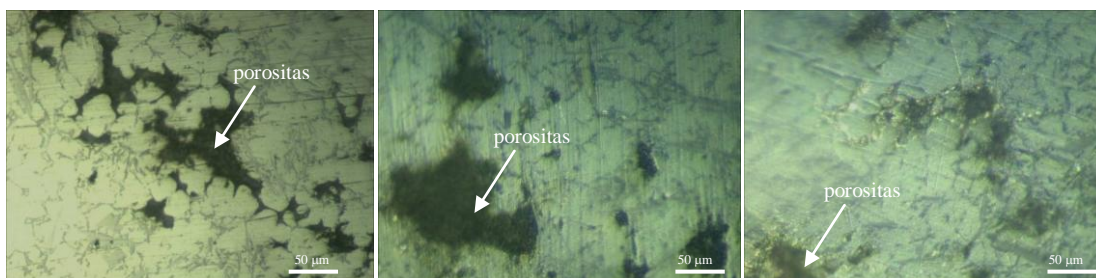
Gambar 4 menunjukkan hasil pengecoran dengan metode *squeeze*. Pengecoran *squeeze* adalah pengecoran dengan memberikan tekanan langsung pada logam cair pada saat pembekuan. Dengan tekanan pada logam cair, maka rongga cetakan dapat terisi penuh karena daya dorong penekan dan cacat penyusutan dapat di minimalisir karena logam cair dalam rongga cetakan di mampatkan. Pada coran terlihat permukaan yang kasar/kotor yang disebabkan pelapis cetakan yang berfungsi untuk mempermudah pelepasan coran dari cetakan. Pelepasan coran dari cetakan sedikit mengalami kesukaran dibandingkan dengan pengecoran tuang walaupun telah diberi pelapis cetakan (*die coat*). Hal ini menunjukkan bahwa dengan pengecoran *squeeze* dapat menghasilkan produk dengan penyusutan kecil atau tanpa penyusutan dengan bentuk mendekati ukuran akhir atau bentuk kesempurnaannya (*near-net shape*) sebagaimana dikemukakan oleh Tjitro dan Firdaus (2000).



**Gambar 4.** Hasil pengecoran *squeeze* temperatur tuang  $700^{\circ}\text{C}$  temperatur cetakan  $400^{\circ}\text{C}$  tekanan  $125,71\text{ MPa}$

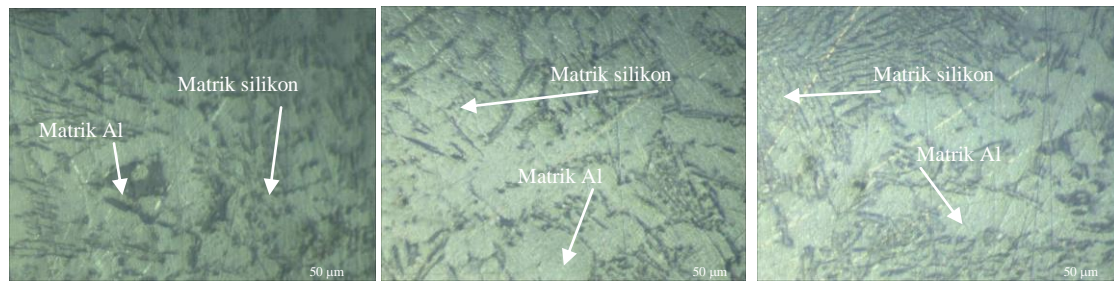
#### **Struktur Mikro**

Gambar 5 memperlihatkan foto mikro dari tiga kampas sepatu rem yang beredar di pasaran buatan pabrik merek terkenal. Masing masing memperlihatkan matrik aluminium dan struktur silikon yang berbentuk serpih (*platlike*). Banyak terlihat porositas pada coran yaitu sebesar 14,66%, porositas merupakan lubang kecil yang terdapat pada tengah coran yang diakibatkan oleh udara yang terjebak pada logam cair atau karena aliran logam cair masuk ke dalam rongga cetakan secara turbulen atau bergelombang. Porositas ini dapat mempengaruhi kekuatan coran karena porositas merupakan ruang kosong yang dapat menimbulkan awal retak jika coran tersebut terkena beban atau tegangan.



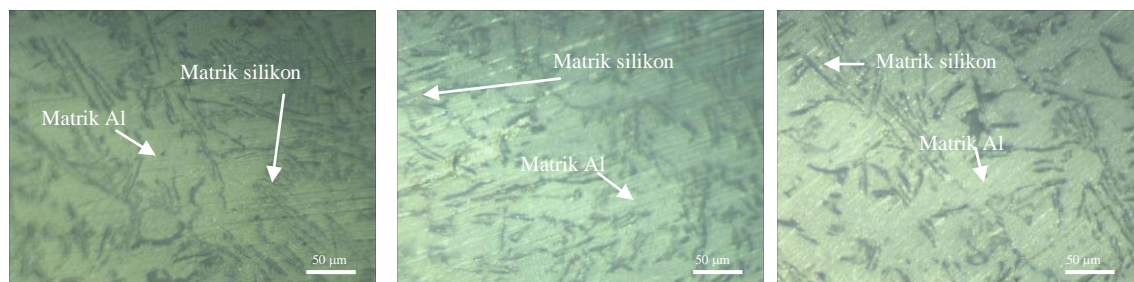
**Gambar 5.** Struktur mikro sepatu kampas rem yang beredar di pasaran

Gambar 6 memperlihatkan struktur mikro dari tiga hasil pengecoran yang berbeda pada temperatur tuang  $600^{\circ}\text{C}$  temperatur cetakan  $400^{\circ}\text{C}$  tekanan  $125,71\text{ MPa}$ . Hasil struktur mikro memperlihatkan struktur dendrit yang mirip seperti struktur dendrit pada sepatu kampas rem yang beredar dipasaran buatan pabrik merek terkenal. Perbedaannya adalah pada hasil dengan menggunakan pengecoran *squeeze* yang dilakukan sedikit ditemukan porositas. Hal ini membuktikan hasil pengecoran yang dilakukan di tinjau dari porositasnya jauh lebih kecil sehingga dapat disimpulkan coran lebih baik.



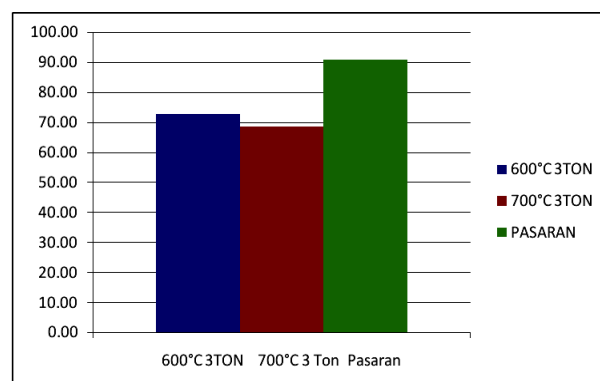
**Gambar 6.** Struktur mikro sepatu kampas rem hasil pengecoran dengan temperatur tuang  $600^{\circ}\text{C}$  temperatur cetakan  $400^{\circ}\text{C}$  tekanan  $125,71\text{ MPa}$

Gambar 7 memperlihatkan struktur mikro dari tiga hasil pengecoran yang berbeda pada temperatur tuang  $700^{\circ}\text{C}$  temperatur cetakan  $400^{\circ}\text{C}$  tekanan  $125,71\text{ MPa}$ . Hasil struktur mikro memperlihatkan struktur dendrit yang mirip seperti struktur dendrit pada sepatu kampas rem yang beredar dipasaran buatan pabrik merek terkenal dan pada temperatur tuang  $600^{\circ}\text{C}$ . Pada perlakuan ini juga sedikit ditemukan porositas gas yang terbentuk dalam coran yaitu tinggal rata-rata  $2,04\%$ . Perbedaannya adalah pada temperatur tuang  $700^{\circ}\text{C}$  jarak struktur dendrit terlihat lebih besar dibandingkan pada temperatur tuang  $600^{\circ}\text{C}$  maupun produk sepatu kampas rem yang beredar di pasaran. Jarak struktur dendrit yang lebih besar ini sebabkan oleh temperatur tuang yang tinggi. Temperatur tuang yang lebih tinggi akan berpengaruh terhadap semakin lamanya laju pembekuan logam yaitu pembentukan inti lebih lambat daripada pertumbuhannya.



**Gambar 7.** Struktur mikro sepatu kampas rem hasil pengecoran dengan temperatur tuang  $700^{\circ}\text{C}$  temperatur cetakan  $400^{\circ}\text{C}$  tekanan  $125,71\text{ MPa}$

### Kekerasan



**Gambar 8** Harga kekerasan pengecoran dan merek terkenal yang beredar dipasaran

Kekerasan hasil pengecoran pada temperatur tuang  $600^{\circ}\text{C}$  dan  $700^{\circ}\text{C}$ , Cetakan  $400^{\circ}\text{C}$  tekanan  $125,71\text{ MPa}$  serta sepatu kampas rem yang beredar di pasaran ditunjukkan pada tabel 2 dan 3 serta gambar 8. Kekerasan sepatu kampas rem yang beredar di pasaran lebih tinggi dibandingkan dengan kekerasan produk pengecoran. Kekerasan sepatu kampas rem prouk yang beredar dipasaran

rata rata 90, 90 BHN sedangkan kekerasan pengecoran dengan temperatur tuang 600°C sebesar 72,80 BHN dan pada temperatur tuang 700°C 68,53 BHN.

Semakin tinggi angka kekerasan maka material tersebut akan semakin tinggi kekuatan tariknya tetapi material tersebut akan semakin getas atau mudah patah. Seperti yang ditunjukkan pada latar belakang sepatu kampas rem dapat patah pada bagian pin karena gaya pengereman.

### **Kesimpulan**

Dari rancang bangun peralatan dan percobaan ini maka dapat disimpulkan bahwa produksi sepatu kampas rem dapat dibuat secara sederhana dengan menggunakan sistem pengecoran *squeeze* tekanan 127,71 MPa, dan metode ini dapat menghasilkan coran dengan sedikit porositas yaitu tinggal 2,04% dengan kekerasan pada temperatur tuang 600°C sebesar 72,80 BHN dan pada temperatur tuang 700°C 68,53 BHN. Sepatu kampas rem yang beredar di pasaran mempunyai porositas 14,66% dengan kekerasan 90,90 BHN. Sehingga metode ini dapat digunakan oleh industri kecil pengecoran daur ulang untuk membuat sepatu kampas rem.

Dari permasalahan selama rancang bangun peralatan dan percobaan ini maka penulis memberikan saran dapat dikembangkan peralatan yang lebih otomatis sehingga kuantitas produksi dapat ditingkatkan.

### **Daftar Pustaka**

- Mondolfo, L.F., 1976, "Aluminium Alloys: Structure and Properties", Butterworths, London
- S.M. Bondan Respati, Helmy Purwanto, M.S. Mauluddin (2010) "Pengaruh Tekanan dan Temperatur Cetakan Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Hasil Pengecoran pada Material Aluminium Daur Ulang", Prosiding Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian UNIMUS Semarang, 12 Januari 2010, Hal. 284 – 289.
- Tjitro,S., Firdaus, 2000, "Pengecoran Squeeze" Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra, Vol. 2 No. 2, hal. 109-113.
- Smith, W.F., 1993, "Structure and Properties of Engineering Alloys", McGraw-Hill inc, Second Edition.
- Surdia, T. dan Saito, S., 1992, "Pengetahuan Bahan Teknik", P.T. Pradnya Paramita, Jakarta, pp. 129-142.
- Yue, T.M., and Chadwick G.A., 1995, "Squeeze Casting of Light Alloys and Their Composites", Journal of Material Processing Technology, vol. 58, pp. 302-307.