

## PENGARUH TEKANAN DAN TEMPERATUR CETAKAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN HASIL PENGECORAN PADA MATERIAL ALUMINIUM DAUR ULANG

**S. M. Bondan Respati, H. Purwanto, M. S. Mauluddin**

Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Wahid Hasyim Semarang

Jl. Lamongan Barat IV/22 Sampangan Semarang 50236

Telp. +62-24 8805680 ext 160, 161 Fax. +62-24 8805680 ext. 101

[bondanrespati@yahoo.com](mailto:bondanrespati@yahoo.com); [helmy\\_uwh@yahoo.co.id](mailto:helmy_uwh@yahoo.co.id); [www.unwahas.ac.id](http://www.unwahas.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh tekanan dan temperatur cetakan terhadap sifat fisis dan mekanis pada pengecoran *squeeze (direct squeeze casting)* pada paduan aluminium daur ulang. Paduan dilebur pada dapur krusibel dan dituang pada temperatur 700°C pada cetakan yang berbentuk *die-punch* yang dipanaskan pada variasi temperatur 300°C dan 400°C. Tekanan diberikan pada saat pembekuan sebesar 0 MPa, 10 MPa, 20 MPa dan 30 MPa selama 100 detik. Perubahan struktur mikro diamati dengan menggunakan mikroskop optik, perubahan sifat mekanis dilakukan dengan pengujian kekerasan Brinell. 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.

Kata Kunci : pengecoran *squeeze*, sifat fisis dan mekanis, aluminium daur ulang

### 1. Pendahuluan

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi mulai dari peralatan rumah tangga hingga konstruksi, komponen otomotif sampai pada komponen pesawat terbang (*aerospace*). Aluminium disamping mempunyai massa jenis kecil, tahan terhadap korosi, daya hantar listrik yang baik, jika dipadu dengan unsur tertentu akan mempunyai sifat fisis dan mekanis yang unggul. Aluminium dalam industri dihasilkan melalui proses pengecoran (*casting*) dan pembentukan (*forming*). Aluminium hasil pengecoran banyak dijumpai pada peralatan rumah tangga dan komponen otomotif misalnya velg (*cast wheel*), piston, blok mesin dan lain sebagainya. Komposisi paduan dan pemilihan proses fabrikasi sangat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis paduan aluminium.

Pengecoran *squeeze* adalah proses pengecoran dengan memberikan tekanan saat pembekuan dan merupakan penggabungan keunggulan proses tempa (*forging*) dan cor (*casting*). Proses pengecoran *squeeze* mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanis terutama pada material dengan paduan dasar Aluminium dan Magnesium (Ghomashchi et.al., 1998). Pengecoran *squeeze* pada paduan dasar aluminium mampu menghasilkan coran yang mempunyai propertis seperti hasil proses tempa (Yue, 1997).

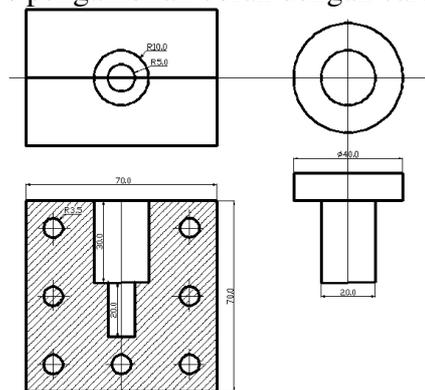
Industri pengecoran aluminium lokal terutama Industri Kecil Menengah/ IKM yang banyak terdapat di Klaten dan Tegal, disamping menggunakan proses pengecoran tuang (*gravity casting*) serta paduan yang digunakan adalah aluminium (Al-Si) daur ulang yang mengandung unsur Fe (besi). Proses peleburan digunakan peralatan dari besi (mengandung unsur Fe) sehingga dalam proses, unsur Fe akan bertambah pada paduan. Sehingga produk pengecoran yang dihasilkan terdapat banyak cacat baik cacat porositas yang merupakan faktor inisiasi retak sehingga mempunyai kekuatan yang rendah jika hasil coran digunakan dalam konstruksi.

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa atau teknologi produksi pengolahan bahan (material) untuk mendapatkan hasil atau produk dari pengecoran yang mempunyai kualitas unggul dari bahan daur ulang (skrap).

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan paduan aluminium daur ulang (skrap) dengan kandungan 6,3%Si dan 2,1%Fe. Alat yang digunakan adalah cetakan logam, mesin hidroulis, termometer dan termokopel, timbangan, dapur peleburan, blower, gas elpiji dan gas torch, kowi, tang panjang, kawat nikelin, ampril, autosol, mikroskop optik, alat uji kekerasan brinell, spektrometer, dan peralatan keamanan pengecoran.

Cetakan dari besi cor di bubut dan dibuat sistim *die-punch* dengan dimensi seperti Gambar 1, bagian bawah dibuat berbentuk katup dengan tujuan untuk memudahkan dalam proses pengambilan coran dengan cara menekan bagian bawah.



**Gambar 1.** Disain *die-punch*

Pembuatan ingot bertujuan mengontrol volume cairan logam yang merupakan parameter proses pengecoran *squeeze*. Ingot dilakukan uji komposisi untuk mengetahui kandungan unsur dalam paduan dengan menggunakan spektrometer.

Ingot di lebur dalam krusibel (kowi) pada dapur yang dibuat dari semen tahan api dan *water glass* dengan menggunakan bahan bakar arang kayu. Cetakan (*die*) dipanaskan pada temperatur penelitian pada dapur pemanas yang sebelumnya telah dilapisi *die coat pasta* untuk menghindari efek pengelasan antara logam cair dan cetakan. Setelah mencapai temperatur penelitian paduan di tuangkan pada *die* dan ditutup dengan *punch*. Cetakan (*die – punch*) ditekan pada mesin hidroulis pada tekanan penelitian dan ditahan selama 75 - 100 detik.

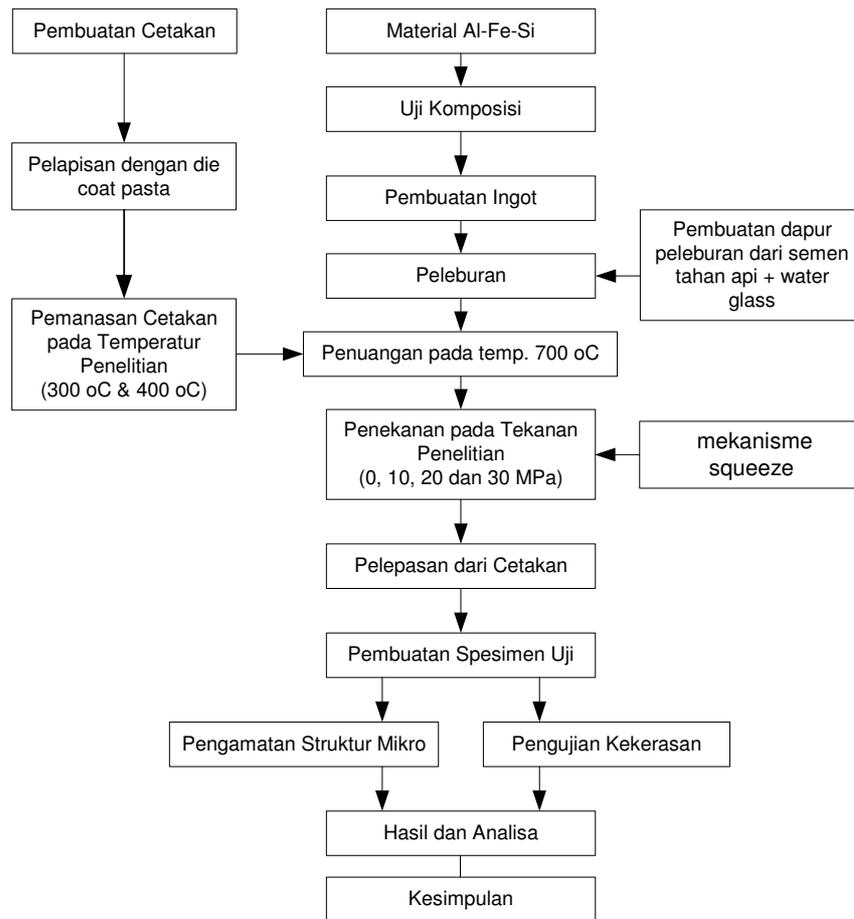
Tiap hasil pengecoran dari berbagai varisai penelitian dibuat spesimen uji mikro dan kekerasan dengan menghaluskan permukaan uji pada mesin poles dengan pemegang dibuat dari bahan resin. Pengamatan struktur mikro dan uji kekerasan dilakukan pada spesimen dengan mikroskop optik dan mesin uji Brinell. Sebelum dilakukan pengamatan mikro spesimen diberikan larutan HF, NaCl dan HNO<sub>3</sub> untuk memperjelas struktur silikon.

Specimen akan dibuat seperti pada tabel 1. berikut :

**Tabel 1.** Pembuatan spesimen dan kode spesimen

NO	TUANG (°C)	DIES (°C)	TEKANAN (MPa)	KODE
1	700	300	10	D1/T1
2	700	300	20	D1/T2
3	700	300	30	D1/T3
4	700	400	10	D2/T1
5	700	400	20	D2/T2
6	700	400	30	D2/T3

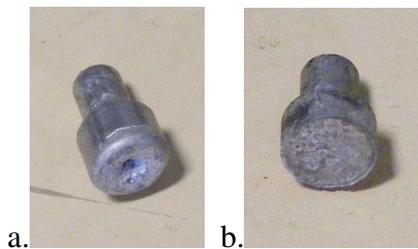
1	700	300	0	C1
2	700	400	0	C2



Gambar 2. Diagram alur Penelitian

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Coran



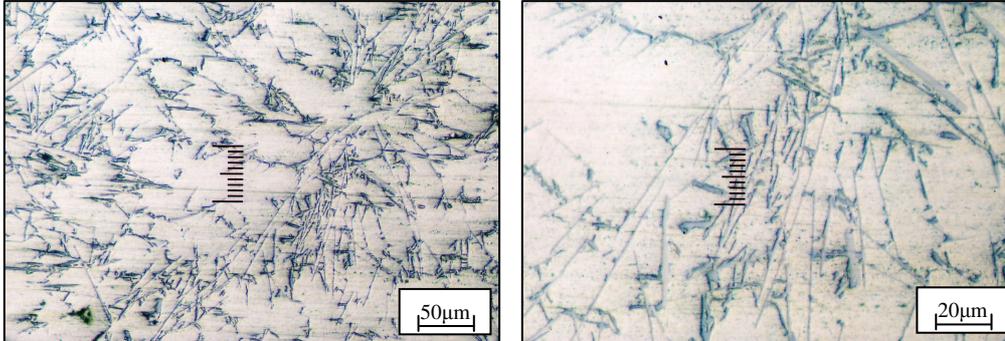
Gambar 2. Hasil pengecoran (a). tuang dan (b). *squeeze*

Gambar 2. memperlihatkan hasil coran pada pengecoran tuang dan pengecoran dengan tekanan. Dari hasil pengecoran tuang terlihat cacat penyusutan pada bagian atas dan pada pengecoran dengan tekanan tidak ditemukan cacat penyusutan. Metode pengecoran tuang memerlukan penambah yang cukup sehingga cacat pembekuan tidak terjadi pada pola utama coran. Dengan pengecoran *squeeze* tidak diperlukan penambah sehingga efisiensi material dan energi untuk peleburan lebih tinggi, karena tidak nampak cacat penyusutan. 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).

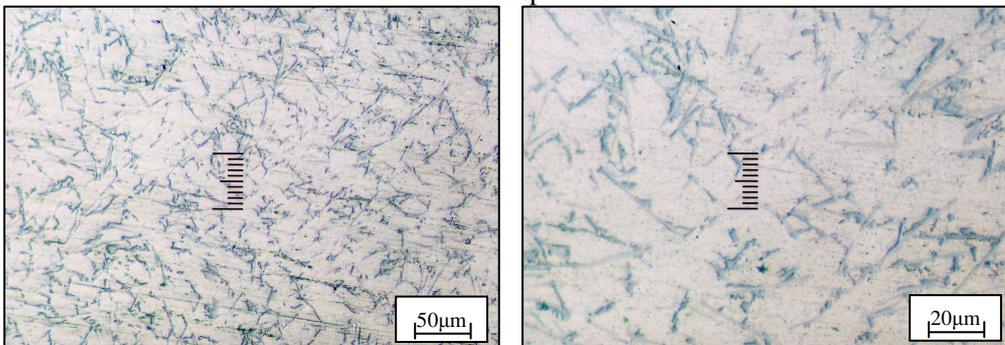
#### 3.2. Struktur Mikro

Struktur mikro hasil pengecoran tuang, dengan tekanan 10 MPa, 20 MPa dan 30 MPa pada temperatur tuang 700 °C serta temperatur cetakan 300 °C di tunjukan pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 5.

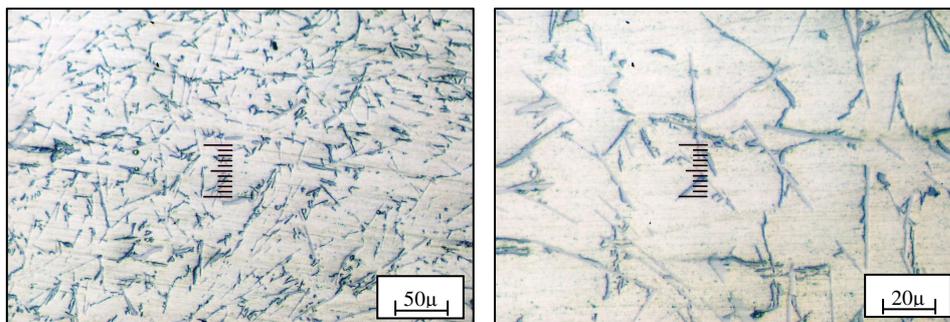
Berdasarkan jumlah kandungan Si sebesar 6,3 % menunjukkan bahwa paduan dalam kondisi *hipoeutectic*. Secara umum struktur silikon berbentuk serpih (*platelike*) dengan kecenderungan semakin halus pada tekanan *squeeze* 30 MPa,



**Gambar 3** Struktur mikro hasil pengecoran tuang (tekanan *squeeze* 0) pada temperatur tuang 700 °C dan temperatur cetakan 300 °C



**Gambar 4** Struktur mikro hasil pengecoran dengan tekanan *squeeze* 30 MPa pada temperatur tuang 700 °C dan temperatur cetakan 300 °C



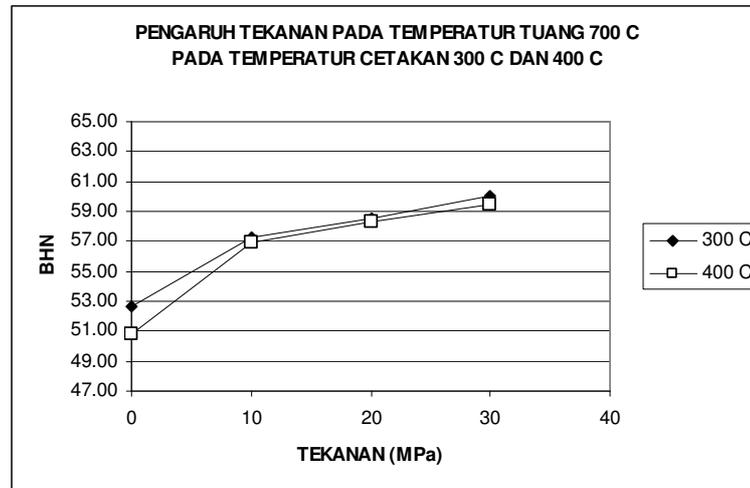
**Gambar 5** Struktur mikro hasil pengecoran dengan tekanan *squeeze* 30 MPa pada temperatur tuang 700 °C dan temperatur cetakan 400 °C

Pada pengecoran dengan temperatur cetakan 400 °C menunjukkan struktur silikon yang rata rata lebih kasar terhadap pengecoran dengan temperatur cetakan 300 °C. Hal ini dapat terjadi karena pada temperatur cetakan yang lebih tinggi maka perpindahan panas dari logam cair ke cetakan lebih lambat. Perpindahan panas yang lambat akan menyebabkan pembekuan yang lambat pula sehingga struktur silikon yang terbentuk lebih kasar. Fenomena ini juga menunjukkan dengan meningkatnya laju pendinginan, pertumbuhan fasa silikon terhalang akibat terbentuknya kristal aluminium yang membungkus kristal silikon sehingga menghasilkan penyebaran terhadap pertumbuhan matrik seperti diungkapkan Duskiardi dan Tjitro (2002).

### 3.3. Kekerasan

#### 3.3.1. Pengaruh Tekanan pada Temperatur Cetakan 300 dan 400°C

Perbandingan rata rata kekerasan pada perubahan tekanan pada temperatur cetakan 300 °C dan 400 °C di tunjukan pada gambar 6.

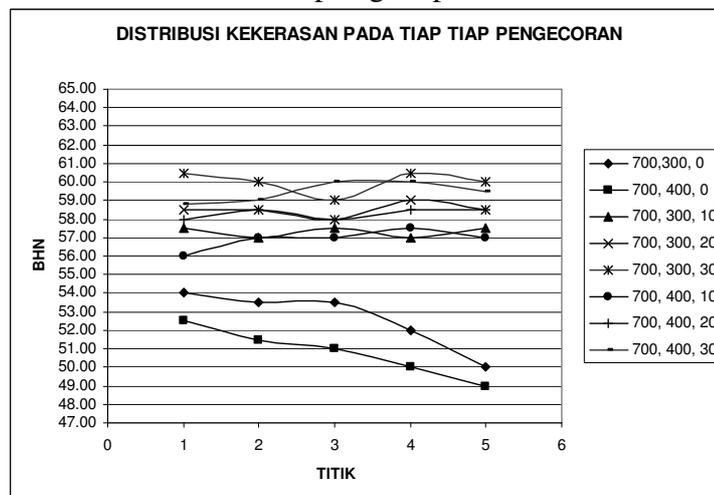


**Gambar 6.** Harga kekerasan Brinell pada temperatur cetakan 300°C dan 400°C

Kekerasan rata-rata pada temperatur cetakan 300 °C lebih tinggi terhadap temperatur cetakan 400 °C baik pada pengecoran tuang maupun pada pengecoran dengan tekanan. Seperti terlihat pada struktur silikon, pada pengecoran dengan temperatur cetakan 300 °C relatif lebih halus dibandingkan pada pengecoran pada temperatur cetakan 400 °C. Hal ini dapat membuktikan bahwa semakin halus struktur silikon maka semakin tinggi pula kekerasan paduan.

#### 3.3.2. Pengaruh Tekanan pada Distribusi Kekerasan

Distribusi kekerasan pada masing masing pengecoran ditunjukkan pada gambar 14. Distribusi kekerasan pada pengecoran tuang menunjukkan perbedaan yang signifikan pada pengujian spesimen bagian tepi terhadap pengujian spesimen bagian tengah (sumbu). Sedangkan distribusi kekerasan pada pengecoran dengan tekanan menunjukkan harga kekerasan brinell yang relatif rata pada tiap bagian. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian tekanan pada saat pembekuan sangat berpengaruh terhadap distribusi kekerasan coran atau dengan pengecoran *squeeze* mampu meningkatkan pemerataan kekerasan tiap bagian pada coran.



**Gambar 7.** Distribusi kekerasan Brinell pada masing-masing pengecoran

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan proses pengecoran *squeeze* pada paduan aluminium daur ulang Al-6,3%Si-2,1%Fe dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemberian tekanan langsung pada proses pembekuan pada pengecoran dapat menghaluskan struktur silikon dan menaikkan kekerasan terhadap pengecoran tuang.
2. Penambahan temperatur cetakan menyebabkan struktur silikon semakin kasar dan menurunkan rata-rata kekerasan baik pada pengecoran tuang maupun pengecoran dengan tekanan.
3. Pengecoran dengan tekanan menghasilkan coran dengan bentuk mendekati ukuran akhir atau bentuk kesempurnaannya (*near-net shape*) dan tidak terlihat porositas.
4. Pengecoran dengan tekanan menghasilkan distribusi kekerasan yang lebih merata dibandingkan pada pengecoran tuang.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan penelitian dan penerapannya pada pembuatan *prototype* atau produk komponen mesin dengan menggunakan material aluminium daur ulang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASM Specialty Hand Book, 1993, "Aluminium and Aluminium Alloys", Ohio.
- Britnell, D.J. and Neailey, K., 2003, "Macrosegregation in Thin Walled Castings Produced Via the Direct Squeeze Process", *Journal of Material Processing Technology* vol. 138, pp. 306-310.
- Champbel, J., 2000, "Castings", Butterworth Heinemann, Oxford.
- Etter, T., Kuebler J., Frey, T., Schulz, P., Loffler, J.F., and Uggowitzer, P.J., 2004, "Strength and Fracture Toughness of Interpenetrating Araphite/Alumunium Composite Produced by The Indirect Squeeze Casting Process", *Material Science and Engineering A*, vol. 386, pp. 61-67.
- Fatih Cay, S. and Can Kurnaz, 2004, "Hot Tensile and Fatigue Behavior of Zinc-Alumunium Alloys Produced by Grafity and Squeeze Casting", *Material and Design* 26, pp. 479-485.
- Fleemings, M.C., 1974, "Solidification Processing", Mc. Graw-Hill Book Company, pp. 134-135.
- Ghomashchi, M.R., and Vikhrov A., 1998, "Squeeze Casting : an overview", *Journal of Materials Prosessing Technology* vol. 101, Elseiver, pp. 1-9.
- Japan Standart Assosiation, 1973, "JIS Hand Book Non-Ferros Metal and Metalurgy, JSA Japan.
- Kleiner, S., Beffort O., Wahlen, A., and Uggowitzer, P.J. , 2002, "Microstructure and Mechanical Properties of Squeeze Cast and Semi Solid Cast Mg – Al alloys", *Journal of light Metal* vol. 2, pp. 277-280.
- Shackelford, J.F., 1992, "Introduction to Material Science for Enginers", 3 rd edition, Macillan Publishing Company, pp. 383-384.
- Surdia, T., dan Chijjiwa K., 1975, "Teknik Pengecoran Logam", P.T. Pradnya Paramita, Jakarta, pp. 13-16.
- Surdia, T. dan Saito, S., 1992, "Pengetahuan Bahan Teknik", P.T. Pradnya Paramita, Jakarta, pp. 129-142.
- Vijian, P., and Arunachalam V.P., 2004, "Experimental Studi of Squeeze Casting of Gunmetal", *Journal of Material Processing Technology* vol. 170, pp. 32-36.
- 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.