

STUDI PEMBUATAN STRUKTUR *GLOBULAR* DENGAN METODE SIMA UNTUK PROSES *SEMISOLID FORMING*

Bambang Kusharjanta¹, Eko Surojo¹, Hengky Yuliawan Putra²

¹ Staf Pengajar - Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik UNS

² Alumni Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik UNS

Keywords :

SIMA
 Globular
 Semisolid Forming

Abstract :

The aim of this research is to study the making of globular microstructure by the SIMA (strain-induced melt activation) method for semisolid forming materials. Semisolid forming is a metal working process done in the mixture of liquid and solid phase. SIMA is a method used in semisolid forming process to obtain globular structured metal by deforming the dendritic - structured metal in the room temperature and then heat it above the solidus temperature. In this research, the variations used are rolling percentage of specimen and the type of mold.

Material used in this research is from car velg, which is Al-6%Si hypoeutectic Al alloy. The globular microstructure is obtained by heating the Al-Si specimens which is plastically deformed oin cold rolling. The heating temperature is 590 °C (between T_S and T_L) then quenched in the water. To measure the diameter and the roundness of the grain, the image analyst software is used.

The result shows that the globular microstructure begins to appear when the rolling strain reach 6%, for the casting from both metal and sand mould. The larger the plastic deformation given to the specimen, the higher the shape factor and the finer the grain obtained.

PENDAHULUAN

Untuk membuat suatu komponen otomotif, tentu saja tidak dapat terlepas dari proses pengerjaan logam, diantaranya proses pengecoran logam dengan menggunakan cetakan pasir, cetakan logam, dan *die casting*. Namun seiring kemajuan teknologi proses, maka baru – baru ini berkembang proses baru dengan nama *semisolid forming*.

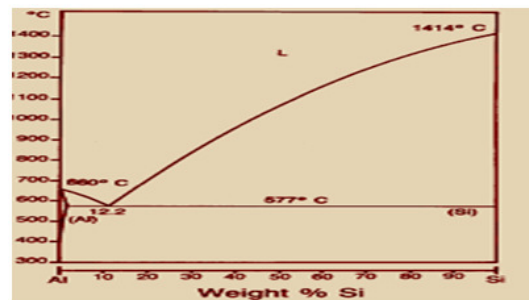
Proses *semisolid forming* adalah proses pengerjaan logam yang dilakukan dalam kondisi campuran fasa cair dan padat (*semisolid* atau *semiliquid*). Dimana pada proses *semisolid forming* ini diperlukan bahan baku paduan logam yang berstruktur mikro *globular*. Untuk memperoleh bahan baku paduan logam yang berstruktur mikro *globular* tersebut salah satunya dengan menggunakan metode SIMA (*strain - induced melt activation*).

Metode SIMA adalah metode yang digunakan dalam proses *semisolid forming* untuk mendapatkan logam berstruktur *globular* dengan cara mendeformasi plastis logam berstruktur dendritik pada temperatur kamar dan kemudian memanaskannya di antara temperatur *solidus* dan *liquidus*. Beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam penggunaan metode SIMA adalah struktur mikro awal dan besarnya regangan pada saat dideformasi plastis.

TINJAUAN PUSTAKA

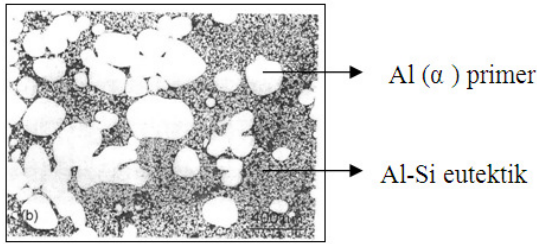
Paduan aluminium silikon adalah jenis paduan yang paling banyak digunakan dalam pengecoran

dibandingkan dengan jenis paduan aluminium yang lain. Hal ini dikarenakan sifat *high fluidity* dan *low shrinkage* yang dimiliki oleh paduan aluminium - silikon.

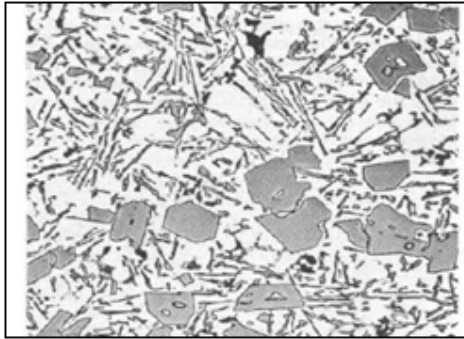


Gambar 1. Diagram fasa paduan Al - Si (Cook, 1998).

Gambar 1 merupakan diagram fasa paduan Al - Si, dimana bila kadar Si tidak lebih dari 11% maka dikategorikan sebagai paduan logam *hypoeutectic* (Gambar 2), bila kadar Si antara 11 - 13% maka dikategorikan sebagai paduan logam *eutectic*, dan apabila kadar Si lebih dari 13% maka dikategorikan paduan logam *hypereutectic* (Gambar 3).

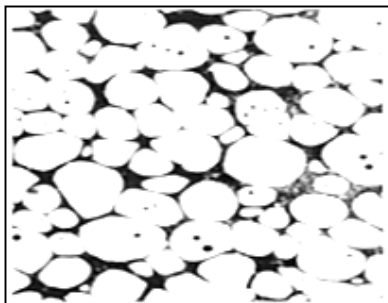


Gambar 2. Paduan Al - Si *hypoeutectic* (ASM Handbook, 1998).

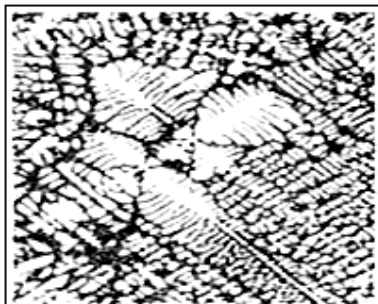


Gambar 3. Paduan Al - Si *hypereutectic* (ASM Handbook, 1998).

Pada proses *semisolid forming* memerlukan bahan dasar yang berstruktur *globular*, oleh karena itu perlu diketahui perbedaan antara bentuk struktur mikro dendritik dengan struktur mikro *globular*, dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 (Ivanchev, 2004).



Gambar 4. Struktur mikro *globular*.



Gambar 5. Struktur mikro dendritik.

Winterbottom (2000) menyatakan bahwa proses *semisolid forming* memiliki kelebihan dibandingkan dengan proses pengecoran dan pembentukan secara konvensional. Hal ini karena dengan menggunakan proses *semisolid forming*, bentuk produk dapat dibuat relatif kompleks dan gaya pembentukannya relatif lebih kecil. Selain itu proses *semisolid forming* juga memiliki kelebihan karena cacat porositas yang relatif rendah sehingga diperoleh sifat mekanik yang lebih baik.

Flemings (1991) menerangkan bahwa metode yang digunakan untuk mendapatkan logam yang berstruktur *globular* diantaranya adalah *batch rheocaster*, *continuous rheocaster*, *vigorous electromagnetic*, dan metode SIMA, dimana metode SIMA itu sendiri adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan logam yang berstruktur *globular* dengan cara mendeformasi plastis logam berstruktur dendritik pada temperatur kamar dan kemudian memanaskannya di atas temperatur *solidus*.

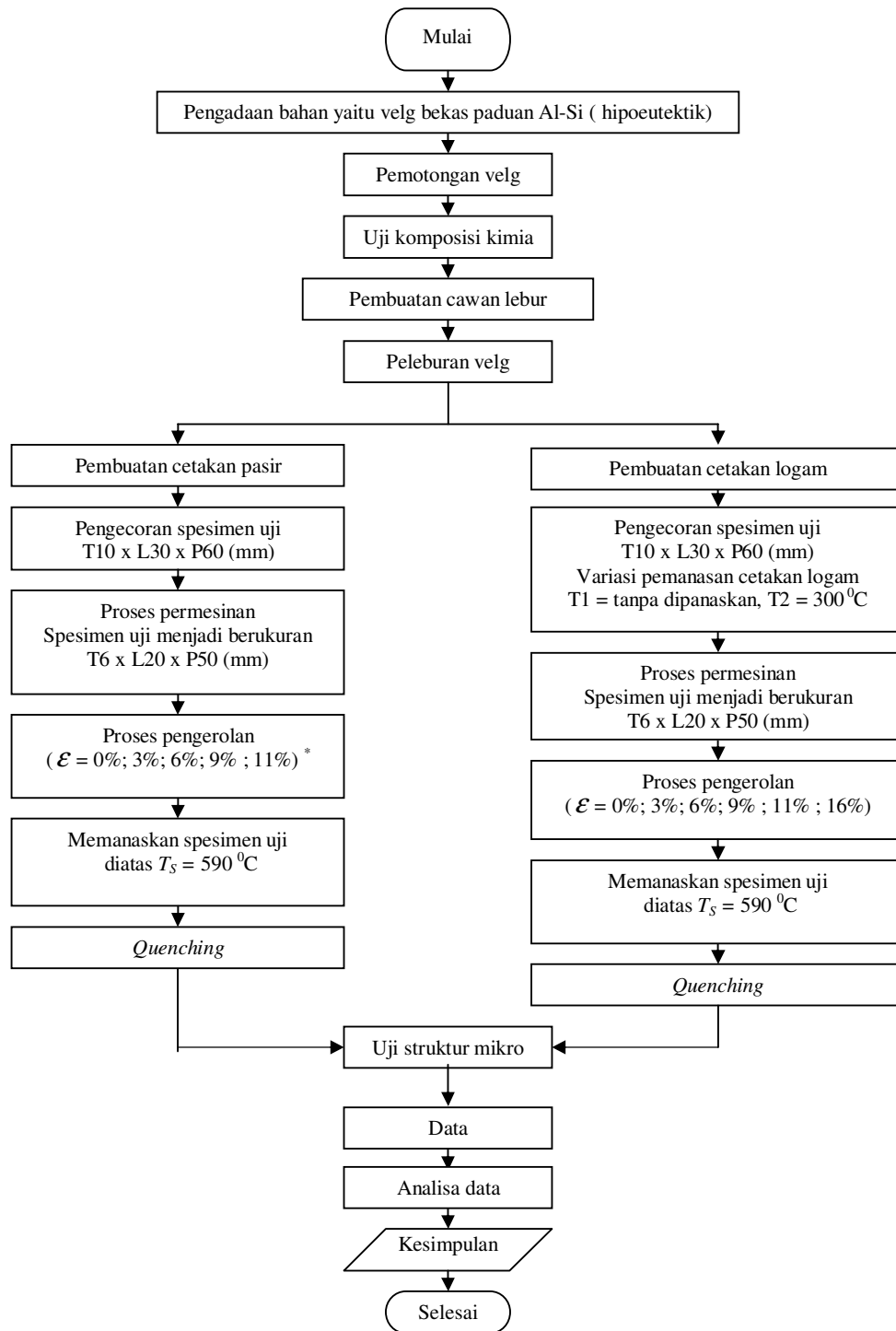
T_S (*temperatur solidus*) adalah temperatur dimana suatu paduan mulai mencair dan T_L (*temperatur liquidus*) adalah temperatur dimana suatu paduan tersebut sudah sepenuhnya mencair, (www.wallcolmonoy.com).

Altenpohl (1982) menjelaskan bahwa temperatur *liquidus* (T_L) dan temperatur *solidus* (T_S) ditentukan dengan cara membuat kurva pendinginan (temperatur vs waktu), yaitu dengan mengukur perubahan temperatur terhadap waktu pada saat proses pendinginan dari fasa cair sampai menjadi fasa padat. Temperatur *liquidus* (T_L) dan temperatur *solidus* (T_S) merupakan titik terjadinya perubahan gradien pada kurva pendinginan.

Browne (2003) menyatakan bahwa batas nilai kebulatan butir yang layak digunakan sebagai bahan *semisolid forming* adalah lebih besar dari 0,4 dan diameter rata-ratanya kurang dari 100 μm .

Randhir Kumar (2003) menerangkan bahwa aluminium mempunyai peranan penting dalam mengurangi berat dari kendaraan dan meningkatkan keekonomisan bahan bakar dalam bidang otomotif. Seiring berkembangnya teknologi proses maka dikembangkan *semisolid processing* (SSP) dengan memakai metode SIMA (*strain induced melt activation*), dimana dalam proses SIMA, butir yang bulat didapatkan dengan mengkristalisasi sampel yang telah dideformasi plastis dan kemudian dilanjutkan dengan memanaskan pada zona *semisolid*, proses ini dinilai sangat menguntungkan karena sangat praktis dan biaya peralatan pabrik yang diperlukan pun juga murah. Faktor yang sangat mempengaruhi dalam proses SIMA adalah temperatur pemanasan, waktu penahanan, dan besarnya regangan pada saat deformasi plastis.

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 6. Diagram alir penelitian.

*) Pada cetakan pasir ternyata hanya mampu dirol sampai 11% saja dan tidak mampu dirol hingga 16%, karena pada spesimen yang dicetak menggunakan cetakan pasir lebih getas sehingga spesimennya mudah patah.

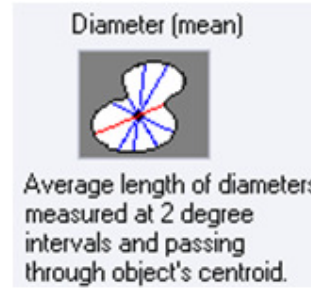
Tahap pengujian/pengambilan data terdiri dari :

1. Memotong velg menjadi beberapa bagian agar bisa dimasukkan ke dalam *ladle* pengecoran.
2. Melebur velg dalam *furnace* (temperatur 800 °C).
3. Menuang paduan logam cair ke cetakan pasir, cetakan logam (tanpa dipanaskan) dan cetakan logam (dipanaskan 300 °C) dengan ukuran pola spesimen cetak 60 x 30 x 10 mm.
4. Merapikan spesimen cor melalui proses permesinan dengan cara pengefreisan sehingga diperoleh spesimen cor dengan ukuran 50 x 20 x 6 mm.
5. Mengerol spesimen cor dengan regangan pengerolan 0%, 3%, 6%, 9%, 11% untuk cetakan pasir dan 0%, 3%, 6%, 9%, 11%, 16% untuk cetakan logam baik yang dipanaskan maupun yang tanpa pemanasan.
6. Memotong bagian ujung tiap spesimen yang telah dirol.
7. Memanaskan potongan - potongan spesimen dari beberapa variasi cetakan dan pengerolan tadi ke dalam tungku pemanas (*furnace*) dengan temperatur pemanasan 590⁰ C dan ditahan selama 30 menit kemudian dicelup ke dalam air (*quenching*).
8. Membuat pegangan di sekeliling potongan spesimen dengan menggunakan campuran resin dan katalis.
9. Mengampelas potongan spesimen.
10. Menggosok permukaan potongan spesimen yang akan dilihat struktur mikronya dengan diolesi pasta autosol.
11. Mengetsa potongan spesimen dengan mencelupkan bagian permukaan spesimen uji tadi ke dalam larutan etsa (1ml Hf + 5ml air).
12. Melihat struktur mikro pada spesimen uji dengan menggunakan mikroskop metalurgi.
13. Mengambil gambar struktur mikro spesimen uji dengan menggunakan kamera digital.
14. Mengukur diameter dan faktor bentuk butir dengan menggunakan *image analysisist* berupa *Img.pro 6*.
15. Mengumpulkan data faktor bentuk dan diameter butir dari semua variasi regangan pengerolan dan variasi cetakan dalam format *microsoft excel* kemudian membuat grafik faktor bentuk dan diameter butir.

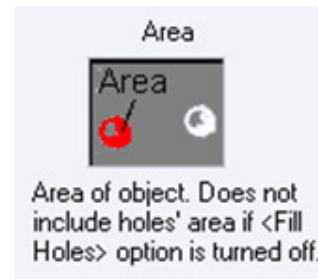
Metode Pengukuran Faktor Bentuk dan Diameter Butir

Dengan menggunakan program *Img.Pro.Plus.6*, kebulatan dan diameter rata - rata dapat diukur, dengan tahapan :

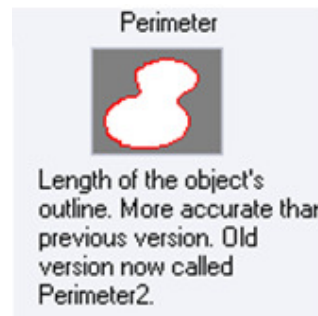
- *Img.Pro.Plus.6* akan mengukur diameter butir, pada setiap 2⁰ program ini akan mengukur jarak dari pusat butir hingga ke ujung bagian tiap butir, pengukuran dilakukan tiap 2⁰ dan melingkar hingga mencapai 360⁰ butir tersebut.



- *Img.Pro.Plus.6* akan mengukur luas area permukaan butir



- *Img.Pro.Plus.6* akan mengukur keliling butir.



- Setelah didapatkan data diameter, luas permukaan (*area*), dan keliling butir (*perimeter*), kemudian dimasukkan ke rumus untuk mendapatkan nilai kebulatannya.

Hongmin, Xiangjie dan Bin (2008) melakukan analisa pada penelitiannya "*Low Superheat Pouring with a Shear Field in Rheocasting of Aluminium Alloys*" dan diperoleh rumus untuk menentukan faktor bentuk butir, yaitu sebagai berikut ini :

$$F = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot A}{P^2} \right)$$

dimana :

F = Faktor bentuk butir

A = Luas permukaan butir (µm²)

P = Keliling butir (µm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

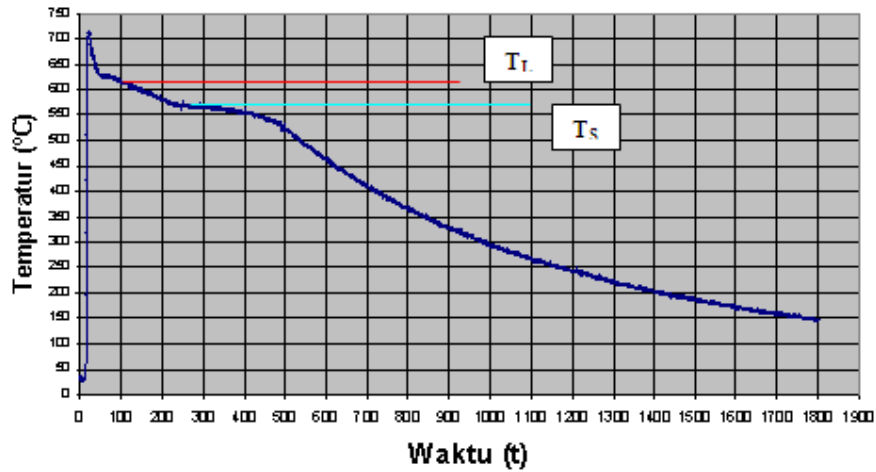
Bahan baku velg mobil diuji komposisi kimianya dan didapatkan beberapa persentase kandungan yang terdapat pada paduan Al - 6%Si.

Tabel 1. Komposisi kimia Al - 6% Si.

Unsur	Kandungan	Unsur	Kandungan
Al	92,62	Sn	0,0097
Si	6,138	Ti	0,142
Fe	0,109	Pb	0,014
Cu	0,0044	Be	0,000
Mn	0,012	Ca	0,0060
Mg	0,385	Sr	0,0000
Cr	0,0012	V	0,0151
Ni	0,010	Zr	0,00
Zn	0,00		

Bahan yang dipakai termasuk jenis logam paduan aluminium silikon *hypoeutectic* karena kandungan silikon yang terdapat dalam paduan ini sebesar 6,138% atau kurang dari 11%.

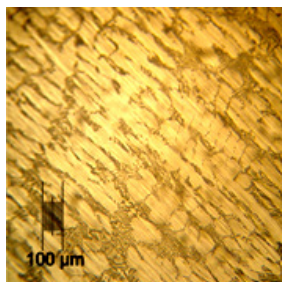
Kurva pendinginan di bawah diperoleh dengan mengukur perubahan temperatur terhadap waktu pada saat proses pendinginan dari fasa cair sampai menjadi fasa padat.. Dari Gambar 7 diperoleh T_L (*liquidus*) sebesar 625 °C dan T_S (*solidus*) sebesar 570 °C.



Gambar 7. Kurva pendinginan Al - 6% Si.

	Cet.pasir	Cet.logam tanpa dipanaskan	Cet.logam dipanaskan
Gambar struktur mikro awal dari tiap variasi cetakan yang tanpa dirol dan tanpa dipanaskan			
Gambar dari struktur mikro pada spesimen yang telah dikenai proses pengerolan sebesar 11% dan tanpa dipanaskan			

Gambar 8. Gambar struktur mikro awal tiap variasi cetakan (tanpa dirol maupun dirol 11%).

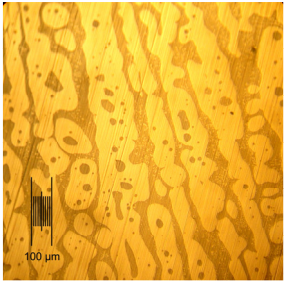
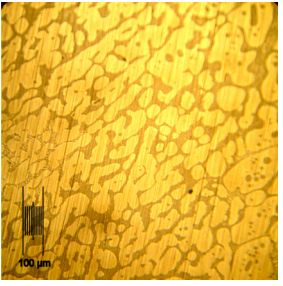
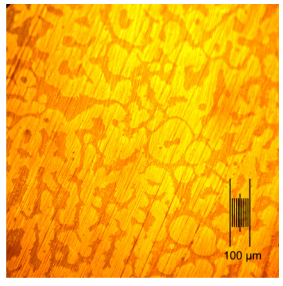
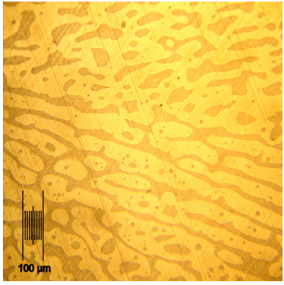
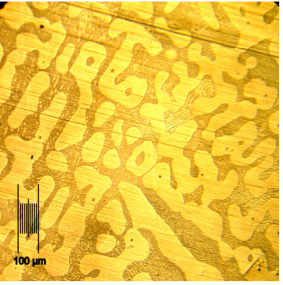
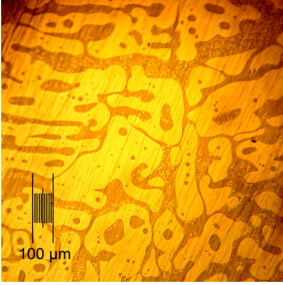
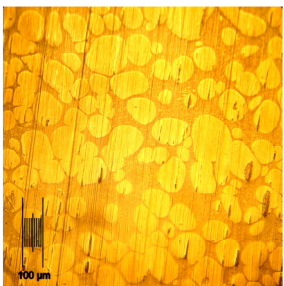
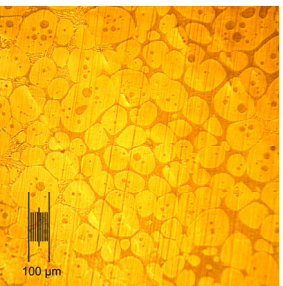
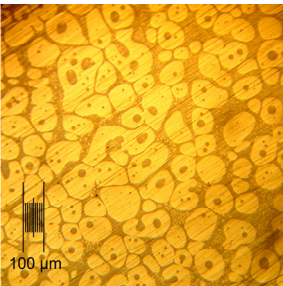
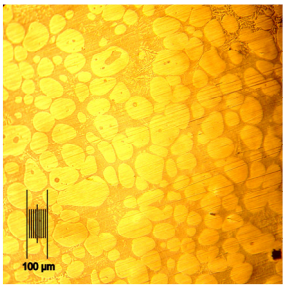
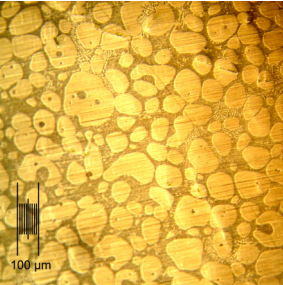
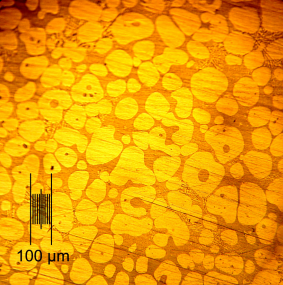


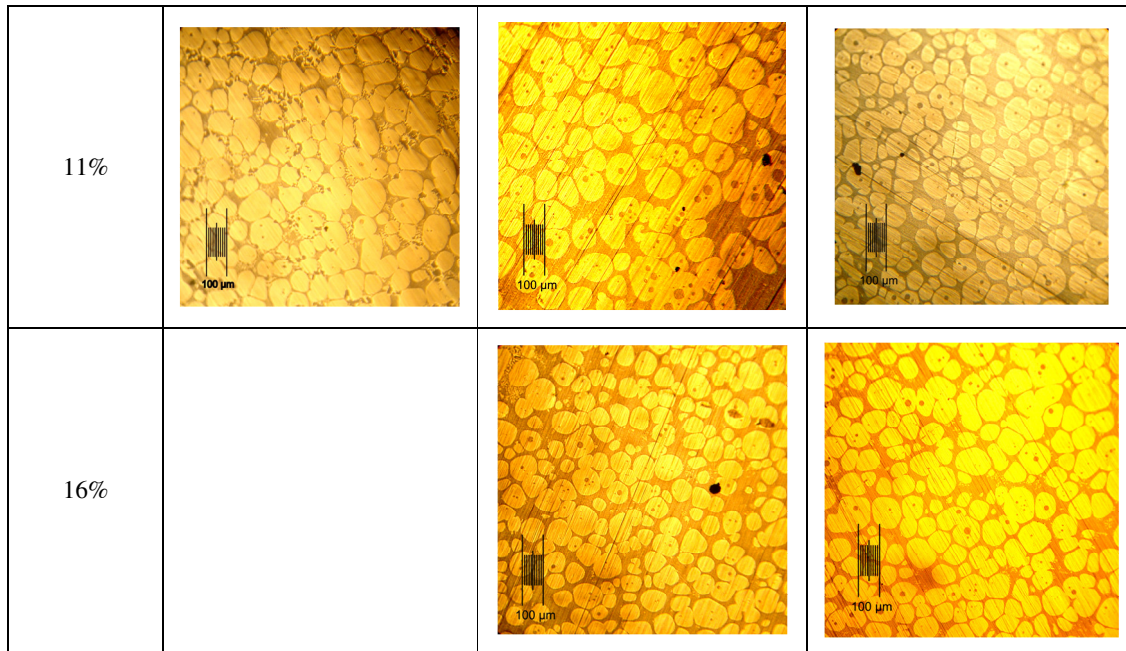
Gambar 9. Struktur mikro dirol 11%, dipanaskan 500 °C (dibawah T_S), waktu penahanan 2 jam, *quenching*, dicetak dengan menggunakan cetakan pasir.

Dari Gambar 9 terlihat bahwa dengan pengerolan sebesar 11% pun ternyata spesimen uji yang dipanaskan pada temperatur 500 °C ternyata tidak terlihat adanya rekristalisasi .

Selanjutnya Gambar 10 adalah gambar struktur mikro dari bahan Al - 6% Si yang telah mengalami

proses SIMA, dimana spesimen yang telah dirol (dengan beberapa variasi pengerolan) kemudian dipanaskan pada temperatur 590 °C (di atas temperatur *solidus*) dan ditahan selama 30 menit agar homogen temperatur pemanasannya kemudian *diquenching*.

Variasi pengerolan (%)	cetakan pasir	cetakan logam (tanpa dipanaskan)	cetakan logam (dipanaskan 300°C)
0%			
3%			
6%			
9%			



Gambar 10. Struktur mikro spesimen dengan metode SIMA.

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa dengan memanaskan spesimen diatas temperatur *solidus* (T_s) mampu menghasilkan struktur *globular*. Pada spesimen yang tanpa dirol (0 %) dan setelah dirol 3% ternyata belum terdapat tanda – tanda munculnya struktur *globular*. Struktur *globular* mulai muncul pada spesimen yang dirol 6%.

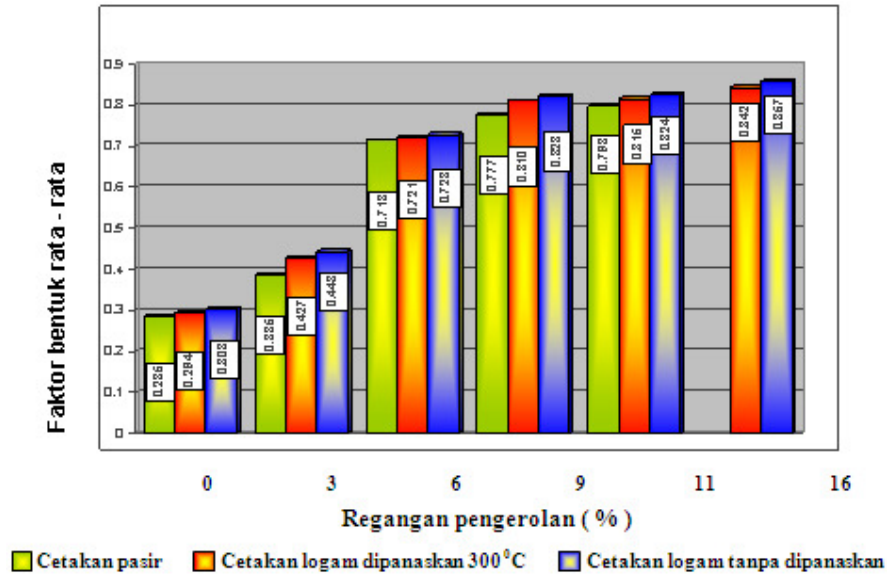
Robert, M.H. & Kirkwood, D.H (1988) menjelaskan bahwa pada proses globularisasi dengan metoda SIMA terdapat tiga tahapan yaitu tahap fragmentasi, tahap pembulatan butir dan tahap pengasaran butir, ukuran butir setelah melalui proses SIMA terlihat lebih besar dibandingkan dengan sebelum melalui proses SIMA. Hal ini menunjukkan bahwa proses SIMA yang dilakukan pada penelitian ini sudah mencapai tahap pengasaran butir.

Semakin besar deformasi plastis yang diberikan pada spesimen maka nilai faktor bentuk butirnya akan semakin meningkat atau lebih bulat. Hal ini disebabkan karena spesimen yang deformasi plastisnya lebih besar akan menghasilkan ukuran butir yang lebih kecil. Pada saat tahap pengasaran butir jika terjadi penggabungan antar butir maka dua butir yang bergabung tersebut dengan mudah akan membentuk *globular* yang baru. Hal ini berbeda jika butir yang bergabung berukuran besar. Pada butir yang berukuran besar akan muncul leher diantara dua butir yang bergabung sehingga akan menurunkan nilai faktor bentuknya.

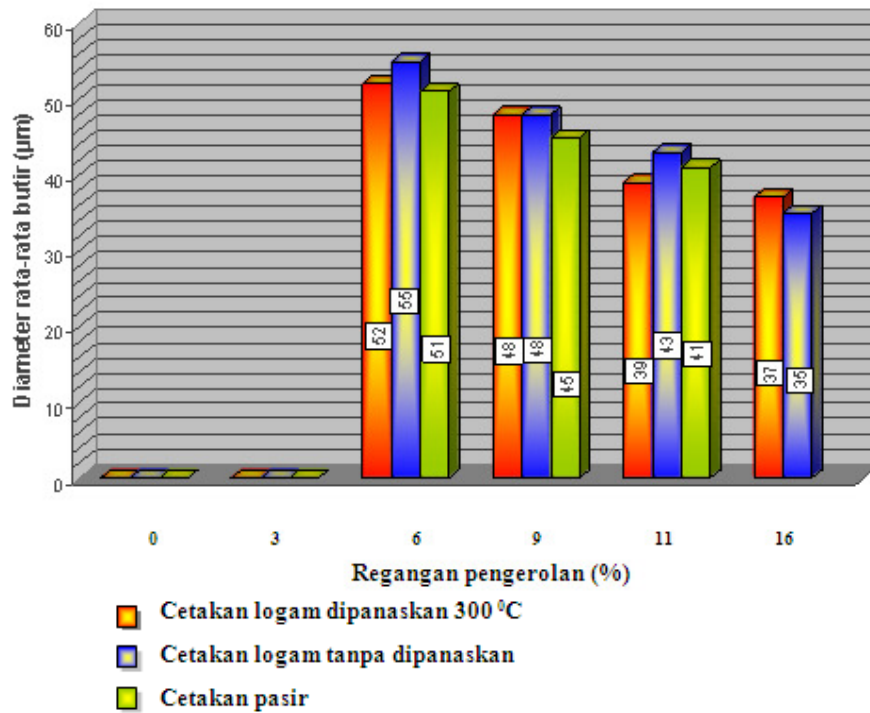
Kemudian semua data tentang faktor bentuk yang diperoleh diambil rata - ratanya dan disajikan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara regangan pengerolan dan faktor bentuk rata – rata butir seperti yang ditunjukkan Gambar 11.

Semakin besar deformasi plastis yang diberikan pada spesimen maka diameter butirnya akan semakin kecil atau lebih halus. Hal ini dikarenakan pada spesimen yang deformasinya besar akan menyebabkan bertambah tingginya energi dalam. Ini berarti pula bahwa di dalam logam tersebut semakin banyak tempat atau titik - titik yang tinggi energinya. Nukleasi inti - inti baru akan dimulai pada tempat-tempat yang tingkat energinya tinggi. Inti-inti tersebut akan tumbuh dan semakin banyak inti yang tumbuh maka ukuran butir akhirnya akan lebih halus. Sebaliknya apabila deformasi yang diberikan sangat kecil, maka energi dalamnya juga kecil, sehingga tidak akan menimbulkan perubahan pada bentuk butir meskipun diberi masukan energi aktivasi.

Kemudian semua data tentang diameter butir yang diperoleh diambil rata - ratanya dan disajikan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara regangan pengerolan dan diameter rata – rata butir seperti yang ditunjukkan Gambar 12.



Gambar 11. Grafik faktor bentuk rata - rata gabungan.



Gambar 12. Grafik diameter rata - rata gabungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar deformasi plastis yang diberikan pada spesimen maka nilai faktor bentuk butirnya akan semakin meningkat atau lebih bulat dan diameter butirnya akan semakin kecil (lebih halus).

2. Dari ketiga variasi cetakan, maka cetakan logam yang tanpa dipanaskan adalah cetakan yang paling bagus digunakan dalam proses *semisolid forming*, karena dapat menghasilkan faktor bentuk butir paling bagus jika dibandingkan dengan cetakan pasir maupun cetakan logam yang dipanaskan 300 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Altenpohl .D., *Aluminium Viewed from Within*, Springer Verlag, 1965.
- ASM Handbook, 1973, *Metallography, Structure and phase Diagrams*, 8th ed., vol. 8, ASM International, Materials Park, OH.
- ASM Handbook., 1998, *Casting*, Vol 15.
- ASM Metals Handbook, *Alloy Phase Diagrams*, Vol 3.
- Browne, D.J., 2003, *Direct Thermal Method : New Process for Development of Globular Alloy Microstructure*, Dublin City University, Glasnevin, Dublin 9, Ireland.
- Flemings, M.C., 1991, "Behavior of Metal Alloys in The Semisolid State", *Metallurgical Transactions A*, Vol. 22 A, pp.957 – 981.
- Hongmin,G, Xiangjie,Y, and Bin,H, 2008, "Low Superheat Pouring in Rheocasting of Aluminium Alloys", *Journal of Wuhan University of Technology – Mater*, Sci. Ed., Vol. 23, No. 1.
- Randhir K (1), Poddar P.,(2) , Pushp P.T., (1), Sahoo K.L., (2). (1) Department of Foundry Technology, NIFFT, Ranchi-834003, India (2) National Metallurgical Laboratory, Jamshedpur-831007, India.
- Robert, M.H., & Kirkwood, D.H., 1988, "Alloy Slurry Formation by Partial Melting, *Proceedings of The Conference on The Solidification of Metals*, pp. 373 - 376.
- Surdia, T., 2000, *Pengetahuan Teknik Bahan*, Cetakan 5, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T., 2000, *Teknik Pengecoran Logam*, Cetakan 8, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Siswosuwarno, M., 1985. *Teknik Pembentukan Logam*, Jilid 1, Jurusan Mesin, Fakultas Teknologi Industri , ITB.
- Smith, F.W., 1996, *Principle Materials Science and Engineering*, 3th ed, p. 541
- Surojo, E., 2001, Proses Semisolid Forming Paduan Al-Si Hipoeutektik dengan struktur Globular, *Tesis Magister*, Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Winterbottom, W.L., 2000, "Semi - Solid Forming Applications ; High Volume Automotive Products", *Metallurgical Science and Technology*, Vol. 18, No. 2, pp. 5 - 10.