

Karakterisasi serbuk hasil produksi menggunakan metode atomisasi

M. Halim Asiri

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT Haryono Malang, Telepon (0341) 895287
masiri32@yahoo.co.id

Abstrak

Metalurgi serbuk (powder metallurgy), yaitu merupakan teknologi produksi logam dengan bahan dasar Aluminium dengan unsur lain Ti, Mn, Mg, Si, sebagai unsur penguat sebelum diproses peleburan terdahulu melaku-kan pengujian sifat mekanik antara lain uji struktur makro dan mikro kemudian uji kekerasan (hardness test), uji kekuatan (tensile strength). Setelah selesai diadakan pengujian sifat-sifat mekanik terhadap logam dasar, maka proses selanjutnya mencairkan logam dasar dengan melalui dapur peleburan (furnaces) dengan temperature panas sekitar 1200 s/d 1350°C dan titik cair logam aluminium 650°C. Setelah mencair kemudian di *holding time* selama 20 menit selanjutnya pembuatan proses granulasi (pembutiran) dengan menggunakan sistem Atomisasi Air (water atomization) dengan menggunakan variasi tekanan penyemprotan sebesar 20 s/d 25 Psi, dengan debit 4 l/s, variasi waktu yg digunakan 6 s/d 8 detik. Hasil dari proses sistem metode Atomisasi ini kita dapatkan macam-macam karakteristik bentuk butiran mulai dari Mesh 8 (2360 μ m), mesh 16 (1180 μ m), mesh 30(600 μ m), mesh 50(300 μ m), mesh 100 (150 μ m), mesh 200 (75 μ m). Untuk mengetahui data-data ini melalui pengamatan dengan menggunakan mikroskop makro dan mikro. Selanjutnya bisa juga melakukan pengujian dengan menggunakan alat uji SEM dan X-Ray (XRD).

Kata kunci: uji sifat – sifat mekanik, sifat bahan, komposisi kimia dan porositas (porosity)

Pendahuluan

Material Al - Mg 6061 ini akan dipadukan dengan unsur seperti Si, Mn, Ti, Cr logam tersebut akan menjadi meningkat sifat – sifat mekaniknya seperti keuletan (*ductility*), kekuatan (*Tensile Strength*), kekerasan (*Hardness*). Produksi dari metalurgi serbuk ini antara lain pembuatan Roda gigi, Bantalan, Kontak listrik, Alat-alat potong, Piston, dan Sprockets, Filamen lampu dll. Secara ekonomi produksi logam dengan metalurgi serbuk (*Powder Metallurgy*) ini sangat menguntungkan karena beberapa hal, (Groover, 1996) yaitu : (1). Metalurgi serbuk (*powder metallurgy*) dapat diproduksi dengan bentuk yang sesuai atau hampir sesuai dengan bentuk yang diinginkan, sehingga tidak memerlukan pekerjaan lanjutan yang lebih lama. Proses powder metallurgy akan menghasilkan sedikit waste (bagian terbuang yang tidak berguna), kurang lebih 97% dari serbuk diubah menjadi produk jadi. (2). Beberapa logam yang tidak bisa atau sulit diproduksi dengan cara lain dapat, diproduksi dengan cara PM misalnya: Filamen wolfram (tungsten) yang digunakan pada lampu-lampu, terutama pada lampu pijar diproduksi dengan cara serbuk metalurgi. Pengontrolan dimensi hasil produksi PM dapat lebih presisi dengan toleransi 0,03mm. Kualitas dari produksi PM dapat diatur dengan porositas tertentu, tergantung dari kualitas serbuk yang akan diolah. Produksi PM dapat dilakukan secara otomatis sehingga dapat lebih ekonomis. (3). Logam-logam yang tidak bisa dihasilkan dengan dapat diproduksi dengan cara PM, seperti cermet WC CO. Disamping mempunyai keuntungan – keuntungan seperti tersebut diatas, teknologi metalurgi serbuk ini juga mempunyai kelemahan-kelemahan yaitu antara lain: produksi PM membutuhkan alat dan biaya produksi yang relative mahal, bahan baku berupa serbuk yang cukup mahal, membutuhkan proses pembuatan serbuk terlebih dahulu, adanya masalah dalam pembuatan geometri cetakan karna serbuk logam tidak dapat mengalir dengan sendirinya dalam cetakan selama proses kompak (*compacting*). Karakteristik serbuk (meliputi bentuk dan struktur serbuk, luas permukaan serbuk, koefisien gesek dan " *flow characteristic* " , struktur mikro, sifat kimia dan sifat – sifat lainnya). Akan mempengaruhi komponen mesin yang dihasilkan, misalnya seperti porositas komponen yang akan mempengaruhi kekuatannya. Berdasarkan hal tersebut diatas karakteristik serbuk logam yang dibuat dengan metode atomisasi (*atomization*).

Karakteristik Aluminium (AL)

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat mekanik, ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Logam ini dipergunakan secara luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dapat dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, otomotif, kapal laut, konstruksi dan lain-lainnya. Aluminium banyak digunakan sebagai material teknik karna bobotnya cukup ringan, konduktor listrik, penghantar panas yang baik, dan tidak mudah terjadi korosi (Khairil, R.A, et. All., 2005). Aluminium mempunyai massa jenis sebesar 2,7 g/cm³ dan nilai kekuatannya rendah, tetapi melalui pemaduan dengan unsure-unsur tertentu (*alloying*) akan memberikan peningkatan kekuatan mekaniknya, sifat mekanik paduan Al cenderung naik akibat adanya penambahan Mn sebanyak 12% massa. Pada komposisi tersebut Al alloy mempunyai *ultimate tensile strength* 58 kg/mm², elongation 7.54%, kekerasan 90.74 VHN dan kuat impak 5.88 J/cm², dimana nilai tersebut telah memenuhi, (Arino, A. dan Suhariyanto, 2006). Sifat mekanik Al alloy yang sesuai dengan standar adalah: *ultimate tensile strength* (UTS) minimal sebesar 25 kg/mm² atau 245.25 MPa, elongation minimal 5%, *hardness* 75-95 Hv, dan *impact strength* (IS) 5.5 J/cm². Untuk Al alloy jenis A356.2 mempunyai kuat tarik 160 MPa, *Hardness* 71 Hv, dan komposisi: Al = 92.31% ; Si = 7.0 % ; Fe = 0.12 % ; Cu = 0.10 % ; Mn = 0.05 % ; Mg = 0.21 % ; Zn = 0.05 % ; dan Ti = 0.20 %. Aluminium umumnya melebur pada temperature \pm 600°C. Aplikasi dari material Al alloy dalam bidang teknik digunakan sebagai material untuk : baut, komponen mesin, dan komponen elektronik. Struktur kristal aluminium murni adalah *face centered cubic* (FCC) dan memiliki titik leleh sekitar 660°C. (Aqidah, S.N., et. All, 2004, Lee, J.A., 2003). Aluminium mempunyai sifat fisik dan kimia yang diterbitkan oleh PT. INALUM (1998), terlihat pada table 2.1.

Tabel 1. Sifat – sifat fisik dan kimia dari Aluminium

ITEM	KUALIFIKASI
Nomor atom	13
Nomor massa	26.9815
Bentuk Kristal (25°C)	Kubus pusat muka
Density	2.699 g/cm ³
Struktur atom terluar	3S ² 3P ³
Titik leleh (1 atm)	660.1°C
Titik didih (1 atm)	2327°C
Panas Peleburan	94.6 kal/g
Panas Jenis	0.280 Kal/g°C

Atomisasi (atomization)

Atomisasi adalah merupakan salah satu metode paling umum yang digunakan untuk memproduksi serbuk logam, dimana proses atomisasi merupakan perubahan logam cair kedalam bentuk serbuk. Biasanya logam yang digunakan adalah logam murni, tapi logam paduan juga dapat dibuat menjadi serbuk dengan cara ini. Cara yang ditempuh dapat berupa proses tetesan cairan (*melt drop process*) Atomisasi gas (*gas atomization*) dan atomisasi sentrifugal (*centrifugal atomization*). Dalam metode ini cairan logam akan jatuh menetes secara vertical melalui lubang tundish didasarkan corong/ funnel, besarnya tetesan cairan logam ini akan dikontrol oleh diameter lubang tundish (ds), tetesan cairan tersebut akan jatuh dengan diameter (do) yang mana besarnya do akan tergantung pada diameter lubang tundish (ds). Viskositas dari cairan logam (vs) dan tegangan permukaan cairan (Ys). Hubungan antara ds dengan do dengan do dapat dinyatakan dengan rumus :

$$Do = 1.88. Ds$$

Biasanya partikel yang dihasilkan dengan cara *melt drop process* ini relative besar dan kapasitas produksinya kecil. Partikel yang lebih kecil dapat dihasilkan dengan cara menambahkan impact disintegration ini ditunjukkan pada gambar 2.5 (*Thummler and oberacker, 1996*). Luas permukaan serbuk : dengan menganggap serbuk berbentuk bola, luas permukaan (A) dan volume (V) dari serbuk dapat dituliskan dengan rumus (Groveer 1996).

$$A = \mu . D^2 \quad \text{dan} \quad V = \frac{\pi}{6} . D^3$$

Dimana D = diameter serbuk (in mm)

Perbandingan antara luas permukaan dan volume (A/V) diberikan persamaan (Groveer 1996) :

$$\frac{A}{V} = \frac{6}{D}$$

Secara umum harga A/V dapat diungkapkan (untuk bentuk bola dan bentuk non-bola) dengan persamaan :

$$\frac{A}{V} = \frac{Ks}{D} \quad \text{atau} \quad Ks = \frac{AD}{V}$$

Dengan Ks merupakan factor bentuk (Ks = 6 untuk bola dan Ks > 6 untuk non- bola). Dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa makin kecil ukuran partikel dan makin tinggi factor bentuk (Ks), maka luas permukaan serbuk akan lebih besar untuk tiap satuan berat sama. Dan ini berarti kemungkinan untuk terjadi lapisan oksidasi dipermukaan akan semakin besar. Alasan menggunakan serbuk dengan ukuran yang kecil adalah dapat untuk membuat bentuk – bentuk benda yang lebih uniform dan juga hasil akhir dari produk akan mempunyai sifat-sifat mekanik yang lebih baik (Groveer 1996). Perhitungan secara matematis dari ukuran serbuk yang dihasilkan dari water atomization ini adalah dengan menggunakan rumus (Randall M, German, 1996):

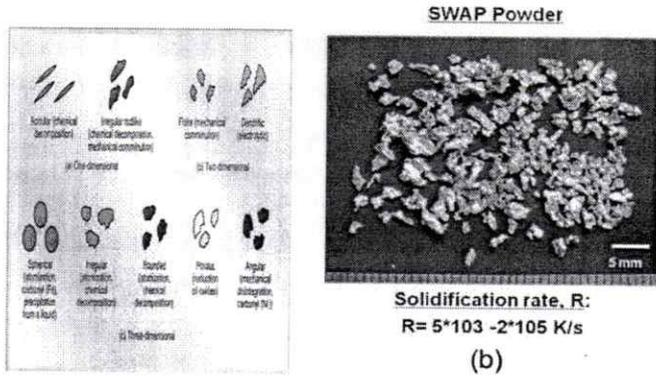
$$D = \frac{\beta . \ln (P)}{V . \sin(\alpha)}$$

Dimana: β = Konstante efek desain atomisasi.

P = Tekanan atomisasi

V = Kecepatan air

α = sudut antara aliran cairan logam dengan nosel (water jet)



Gambar A. Karakteristik bentuk – bentuk serbuk / partikel AL (Graveer, 1996)

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan dasar adalah aluminium paduan (alloy Al) sebelum material dilebur didapur (furnace) terlebih dahulu logam dasar diuji mekanik yaitu : pengujian struktur makro dan mikro guna melihat struktur mikro dan pembesaran butiran. Kemudian ditimbang massa berat awal sebelum dilebur 10 gram, kemudian dilebur didalam kowi sampai mencair dengan temperature sekitar 1400 s/d 1500°C dan titik cair aluminium 650°C, berat jenis Al : 2.7 gram/cm³, Modulus Elastisitas: 70 GPa. Kemudian tersebut di tuangkan kedalam corong tundish kemudian disemprot air dengan tekanan tinggi sehingga proses granulasi (pembutiran) dengan karakteristik bentuk butiran yang tidak beraturan hasil serbuk granulasi dinamakan *irregular*, sedangkan yang hasil butirannya bundar dan halus dinamakan *spherical*.

Mengetahui Perhitungan Secara Matematiknya

rumus yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 Rumus menghitung debit cairan logam yaitu :

$V \rightarrow$ Dimana $V1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \rightarrow A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$

menghitung debit penyemprotan air : $Q2 = A \cdot V \rightarrow$ dimana $V2 = \frac{Q2}{A}$; $V3 = \frac{Q3}{A}$; $Q2 = Q3$.

menentukan kapasitas aliran cairan logam : $Q_{logam} = A \cdot VL \dots\dots\dots (m^3/s)$

$A =$ luas penampang keluaran (m^2) $\rightarrow A = \pi/4 \cdot d^2$
 $d =$ diameter keluaran (m)

$VL =$ Kecepatan aliran cairan logam rata – rata (m/s) $\rightarrow L = \sqrt{2gh}$

$H =$ tinggi jatuh rata – rata (dari corong lubang tundish sampai posisi penyemprotan nosel) (m)

menentukan kapasitas aliran air pendingin. (Randall M. German) direncanakan :

$Q_{air} = 4 \cdot Q_{logam} \dots\dots\dots (m^3/s)$

menentukan kecepatan penyemprotan air pendingin pada nosel. Nosel yang digunakan 2 buah dan nosel mempunyai 20 lubang dengan diameter 1 mm, sehingga kecepatan semprotan air pendingin tiap nosel adalah :

$Va = \frac{Q_{air}}{2 \cdot At} \dots\dots\dots (m/s)$

dimana : $At =$ luas total lubang tiap nosel (m^2)
 $= \frac{20 \pi}{4} \cdot dn^2$

$dn =$ diameter tiap lubang nosel (m)

menentukan Gaya Tumbukan Tiap Nosel.

$F = m \cdot Va \dots\dots\dots (N)$

dimana : $m =$ laju aliran massa air pendingin (kg/s)

$= \rho_{air} \cdot Q_{air}$

$\rho_{air} =$ massa jenis air berdasarkan temperature air (kg/m³)

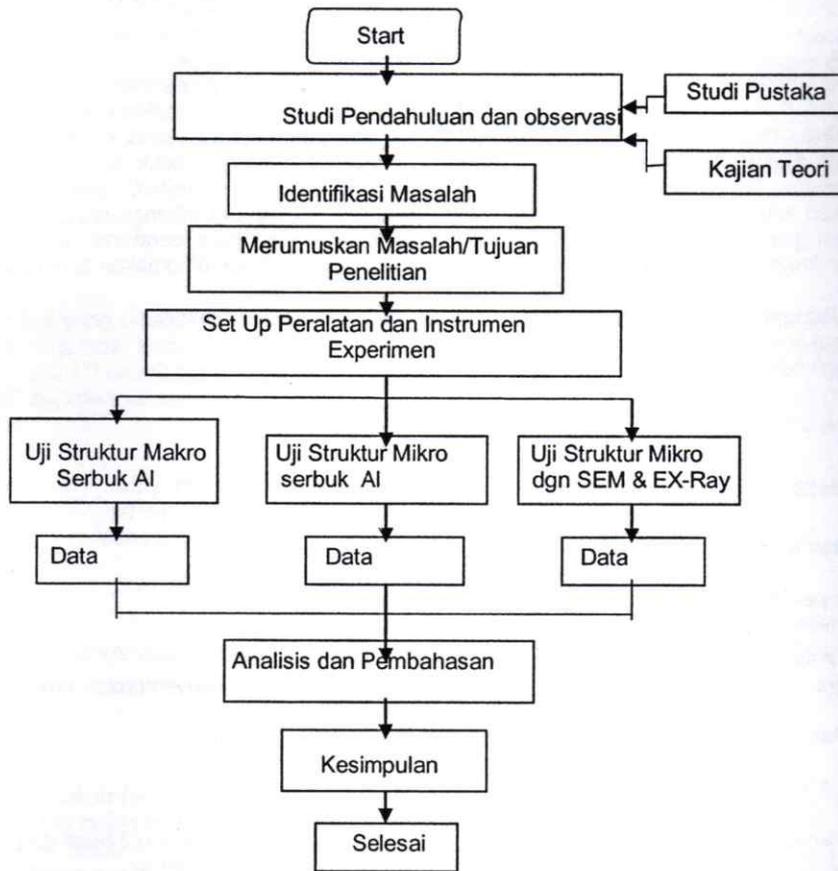
$Va =$ kecepatan penyemprotan nosel (m/s)

F = gaya semprotan (tumbukan antara air dan cairan logam.(N)

Untuk Menentukan jenis-jenis Screen Mesh pada serbuk logam.

Berdasarkan ukuran diameter saringan, mulai dari screen mesh 8, 16, 30, 50, 100 dan 200, mulai serbuk yang kasar sampai dengan yang halus (fine graine), butiran yang paling halus adalah mesh 200. Cara menggunakan saringan yaitu dengan mesin febrigasi dengan menggunakan 8 macam susun saringan kemudian digetarkan selama 20 menit sampai mendapatkan butiran yang halus, seterusnya kita timbang masing-masing screen mesh untuk mengetahui massa berat butiran dan diameter butiran dengan satuan micron meter (μm).

Rancangan Penelitian : Dari permasalahan dan tujuan penelitian.

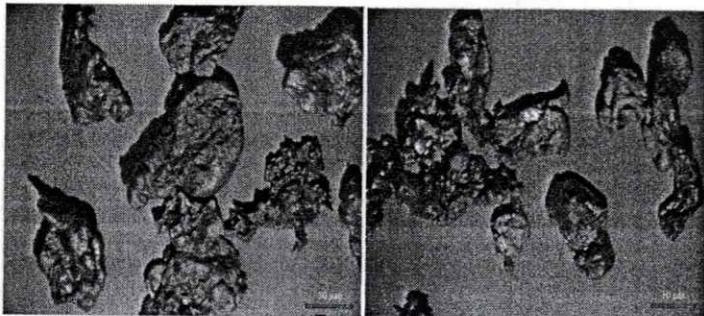


Gambar B. Diagram Alir Penelitian

dan Pembahasan

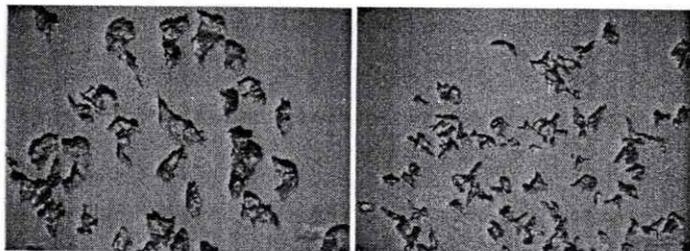
– data yang kami dapatkan dari penelitian awal, yaitu apabila tekanan penyemprotan semakin tinggi butiran serbuk logam menjadi bagus bentuknya halus dan bulat (*spherical*), sedangkan penyemprotan tekanan rendah maka hasil *powder* bentuknya tidak beraturan (*irregular*) (Randall M. German,1996) Pembuatan powder metallurgy peneliti menggunakan bahan dasar Aluminium, peleburan pertama logam Al seberat 500 gram, setelah dilebur selama 30 menit dan kemudian diproses atomisasi air. Jumlah cairan logam yang tidak tergranulasi adalah 187 gram, ini disebabkan karna ada penguapan logam yang tidak mengena seprotan tekanan air pada saat terjadi proses atomisasi.

o Struktur makro



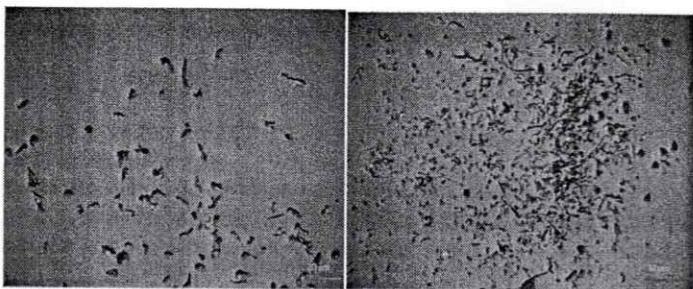
Gbr.1. Mesh 8mm

Gbr.2. Mesh 16 mm



Gbr.3.Mesh 30.mm

Gbr.4.Mesh 50.mm



Gbr.5.Mesh 100.mm

Gbr.6.Mesh 200.mm

Tabel 2.9. Hasil Awal Penelitian dengan logam Aluminium

ARAH SUDUT PENYEMPROTAN	P/Q	Q (l/s)	Pa (Psi)	Pb (Psi)	Waktu (s)	Put.Sudut Nossel	Massa Berat
30°	1	4	24,2	24,2	7,80	184°	
	2	4	23,5	23,5	7,59	368°	
	3	4	21,4	21,4	6,55	552°	
	4	4	20,6	20,4	6,68	736°	
	5	4	20,6	20,6	6,28	920°	
Jumlah Rata-rata		4	24,06	24,06	6,98		
ARAH SUDUT PENYEMPROTAN	P/Q	Q (l/s)	Pa (Psi)	Pb (Psi)	Waktu (s)	Put.Sudut Nossel	Massa Berat
40°	1	4	22,2	22,2	6,94	184°	
	2	4	22	22	6,75	368°	
	3	4	19,6	19,6	6,33	552°	
	4	4	19,6	19,6	6,43	736°	
	5	4	19,6	19,6	5,83	920°	
Jumlah Rata-rata		4	20,6	20,6	6,46		
ARAH SUDUT PENYEMPROTAN	P/Q	Q (l/s)	Pa (Psi)	Pb (Psi)	Waktu (s)	Put.Sudut Nossel	Massa Berat
50°	1	4	24,6	24,6	7,97	184°	
	2	4	24	24	7,67	368°	
	3	4	21,4	21,4	6,56	552°	
	4	4	23	23	6,68	736°	
	5	4	19,4	19,4	5,85	920°	
Jumlah Rata-rata		4	22,48	22,48	6,95		

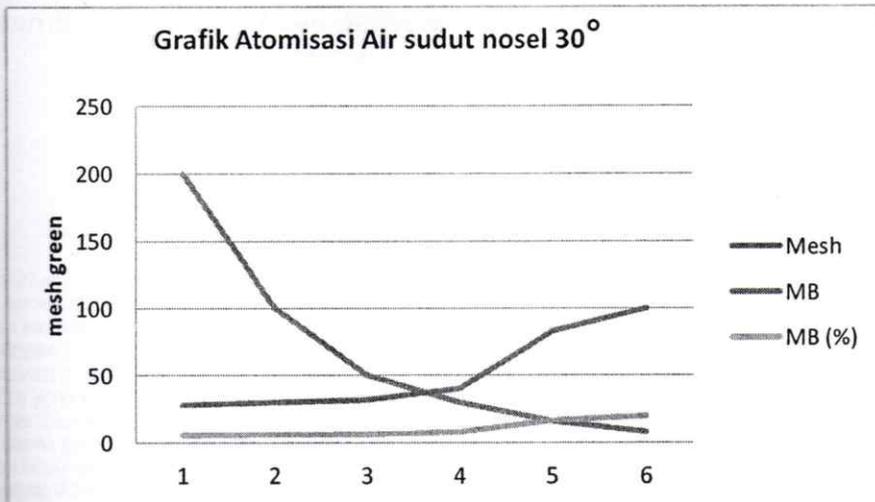
Tabel : Data awal dari penelitian

Mesh	MB	MB (%)
200	28	20
100	30	16.6
50	32	8
30	40	6.4
16	83	6
8	100	5.6

Daftar Pustaka

1. Alan Law *Metals*
2. Z.Zulkoff *Process*
3. Rusianto *Journal T applicatio*
4. Sulema, I *of The S Ul. Podch*
5. Thitirat T *Using C University*
6. Antony L *Powder*
7. Dunkley,

Grafik Atomisasi Air sudut nosel 30°



Pustaka

Han Lawley, APMI, (2009), "International Journal of Powder Metallurgy, Focus Issue : Precious Metals" International, Princeton, USA, September/October, volume 45, Issue 5, pp1-55.

Zulkoffi, J. Syarif and Z. Sajuri (2009), *Fabrication of AZ61/SiC Composites, BY Powder Metallurgy Process*. Department of Mechanical and Materials Engineering. Universitas Kebangsaan Malaysia UKM .

Rusianto (2009), *Hot Pressing Metallurgy Serbuk Aluminium Dengan Variasi Suhu Pemanasan*, Jurnal Teknologi Mater. J, Sci (2010), *The Rapid Solidification Processing of Materials*. Advances and Application, 45 – 287 – 325.

Sulema, P. Klimczyk, P. Hyjek, P. (2009), *The Influence of The Sintering Conditions on The Properties of The Stainless steel Reinforced With Ti B2 Ceramic*. Institute of Technology, Pedagogical University. ul. Podchorazych 2, 30-084 Krakow, Poland.

Pratit Theerabornkul and Sukasem Kangwantrakool" (2005) , *Fabrication of Al2O3-Ni Composites Using Ceramic Nanoparticles*. School of Ceramic Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology. Journal Spedal ISSUP on nanoteknologi Vol.4.No.1.

Antony Leo.V.M. and Rammana.G, Reddy (2003), *Processes for Production of High – Purity Metal Powder (JOM)*. Mar 2003; 55, 3; ProQuest Science Journal.

Lawley, J.J. and Norval, D, *Atomisation of Ferroalloys*. Transformation