

6/719

2001

0008

**SINTESIS, UJI SIFAT FISIS, DAN STRUKTUR MIKRO  
KOMPOSIT (  $\text{Al}_2\text{O}_3$  )p/AlMgSi**

**TRI YUNITA MEGAWATY**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2001**

*Yang perlu diingat....*

*Relativitas waktu, pada Surat Al – Ma'aarij : 4*

*" Malaikat-malaikat dan Jibril naik ( menghadap ) kepada Tuhan dalam sehari yang kadarnya lima puluh ribu tahun."*

*Metallurgi, pada Surat Al – Hadiid : 25*

*" ... dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia... "*

*" Janganlah kamu luput dari majelis hikmah, walaupun engkau dalam keadaan maksiat. Apalagi engkau berkata, " Apa faedahnya dari menyimak dan mendengarkan majelis, sementara aku belum mampu meninggalkan kemaksiatan ?" Tetapi lihatlah, dan ambillah pelajaran dari kisah seorang pemburu yang berburu. Mottonya : " Seandainya tidak didapatkannya hari ini, akan didapatkannya esok ". Atau engkau dalam keadaan cerdik cendikja, jangan sampai engkau lebih mengutamakan kebutuhan dan kepentingan diri sendiri daripada memenuhi hak-hak Allah. "*

*( Taken from Tajul 'Aarus Book )*

*"Kalau pertumbuhan ide-ide secara liar dan tak bertujuan bisa menyebabkan atau pertanda runtuhnya moral, maka kekeringan ide juga bisa mematikan ruh kemanusiaan "*

*( Yang sangat berkesan bagi seorang sahabat )*

*Untuk Ibuku, Ayahku, Kakak-kakakku,  
Adikku, dan keponakanku.....  
Kupersembahkan skripsi ini kepada  
Penegak da'wah dimanapun berada,  
Dimasa berbeda.....  
Semoga bermanfaat bagi bangsaku  
Yang sedang menangis.....*

## RINGKASAN

**TRI YUNITA MEGAWATY.** Sintesis, uji sifat fisis dan struktur mikro komposit  $(Al_2O_3)_p/AlMgSi$ . Dibimbing oleh **SIDIKRUBADI PRAMUDITO** dan **ANTHONIUS SITOMPUL**.

Alumunium dan paduannya sejak lama sudah digunakan sebagai bahan konstruksi pada berbagai industri. Sampai saat ini masih dikembangkan sifat fisis dan mekanik paduan alumunium. Kombinasi dari logam ringan (*lightweight*) dan tahan terhadap lingkungannya (*enviromtent resistant*) dan sifat-sifat mekanik lainnya yang berguna, membuat alumunium sangat baik digunakan sebagai basis logam pada bahan komposit. Bahan komposit biasanya diproduksi dengan menambahkan 5-30% partikel keramik keras pada matriks paduan alumunium. Penambahan partikel keramik keras (biasanya SiC atau  $Al_2O_3$ ) cenderung menimbulkan reaksi pada antar-muka dan mempengaruhi kekuatan batas antar permukaan. Komposit ini mempunyai kekuatan yang berbeda dengan paduan logam matriksnya. Sifat mekanik secara mikroskopik pada komposit ini tidak hanya dikontrol oleh sifat mekanik penyusunnya, tetapi juga oleh sifat antar-muka partikel dan matriksnya. Pada penelitian ini komposit dibuat dengan paduan alumunium seri 6061 ( $AlMgSi$ ) sebagai matriksnya, dan alumina sebagai penguat dengan fraksi volume 5%, 10% dan 15%.

Sintesis komposit  $(Al_2O_3)_p/AlMgSi$  dilakukan dengan metode metalurgi serbuk, yang meliputi pencampuran dengan metode *handmixing*, pengompakan dengan beban 10,4 ton dan *sintering* pada suhu  $600^{\circ}C$  selama tiga jam. Sampel juga mendapat pemanasan T6 yang meliputi *solid solution* pada suhu  $560^{\circ}C$  selama tiga jam, diikuti dengan pendinginan cepat dengan media air es, dan *artificial aging* pada suhu  $170^{\circ}C$  selama 17 jam. Setiap sampel diuji kekerasannya dengan metode Brinell dan Vickers dan diukur kerapatannya dengan menggunakan piknometer. Sampel diidentifikasi suhu transformasinya dengan DTA, diidentifikasi fasa dengan difraktometer sinar-X dan diamati struktur mikronya dengan SEM.

Dari hasil penelitian diperoleh hasil bahwa penambahan alumina pada matriks  $AlMgSi$  meningkatkan kerapatan dan kekerasan  $AlMgSi$ . Nilai densitas terbesar diperoleh pada sampel 15%  $Al_2O_3$  hasil pemanasan T6 yaitu  $2,82\text{ g/cm}^3$ . Bila dibandingkan dengan nilai kerapatan sampel 0%  $Al_2O_3$ , maka telah terjadi peningkatan kerapatan sebesar 11,7% dari nilai kerapatan sampel 0%  $Al_2O_3$ , yang nilainya  $2,49\text{ g/cm}^3$ . Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada sampel 10%  $Al_2O_3$  hasil pemanasan T6 yaitu 27,6 BHN. Hal ini disebabkan karena pada sampel 15%  $Al_2O_3$  distribusi partikel alumina tidak merata sehingga terdapat pori. Bila dibandingkan dengan nilai kekerasan sampel 0%  $Al_2O_3$ , maka terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 4,12% dari nilai kekerasan sampel 0%  $Al_2O_3$ , yang nilainya 25,6 BHN. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan masih terdapat pori dan distribusi  $Al_2O_3$  belum merata. Dari hasil pengujian difraksi sinar-X menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi antar-muka antara  $AlMgSi$  dan alumina pada fraksi volume 15%  $Al_2O_3$ . Reaksi ditandai oleh adanya fase baru  $MgAl_2O_4$ .

**SINTESIS, UJI SIFAT FISIS, DAN STRUKTUR MIKRO  
KOMPOSIT ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> )p / Al MgSi**

**TRI YUNITA MEGAWATY**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains  
pada  
Program Studi Fisika

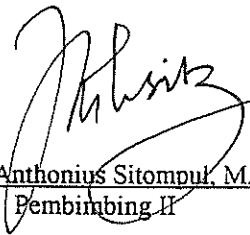
**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2001**

Judul : Sintesis, Uji Sifat Fisis dan Stuktur Mikro Komposit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)p/AlMgSi  
Nama : Tri Yunita Megawaty  
NRP : G07495019

Menyetujui.

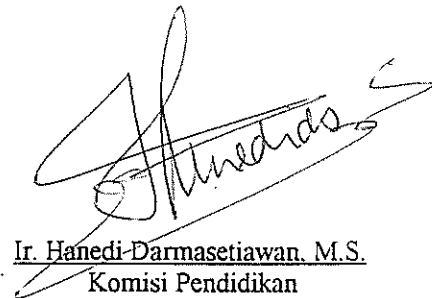
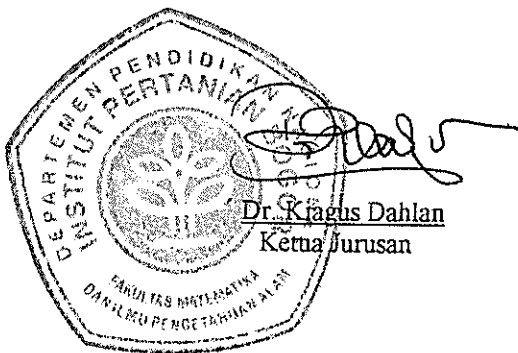


Drs. Sidikrubadi Pramudito  
Pembimbing I



Drs. Anthonius Sitompul, M.T.  
Pembimbing II

Mengetahui.



Ir. Hanedi Darmasetiawan, M.S.  
Komisi Pendidikan

Tanggal lulus : 06/04 2007

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 5 Juni 1977, sebagai anak ketiga dari empat bersaudara, anak dari pasangan Abdul Rachman dan Sukini.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar dan pendidikan lanjutan pertama di kota Depok. Pada tahun 1995, penulis menamatkan pendidikannya dari jurusan A<sub>2</sub> (Biologi) SMU 1 Depok. Pada tahun yang sama, penulis lulus Ujian Masuk Perguruan Tinggi Negeri (UMPTN) dan terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika IPB.

Selama kuliah di Jurusan Fisika, penulis berperan aktif di Permusyawaratan Mahasiswa (kini BEM TPB) pada periode 1995-1996. Penulis juga berperan aktif di Himpunan Mahasiswa Fisika periode 1997-1998 pada Divisi Pemberdayaan Sumber Daya Manusia. Penulis juga berperan aktif menjadi asisten praktikum elektronika dasar di Laboratorium Elektronika Jurusan Fisika, tahun 1998-1999. Pada kegiatan Temu Mahasiswa Fisika Indonesia tahun 1999, penulis terlibat sebagai sekretaris umum. Pada kegiatan Seminar Nasional Mahasiswa Fisika Indonesia 2001 yang diselenggarakan oleh Himpunan Fisika Universitas Padjadjaran, Bandung, penulis diutus sebagai pemakalah oleh Himpunan Mahasiswa Fisika IPB.

## PRAKATA

*Alhamdulillah wa sholawat ila Rosululloh SAW.* Segala puji hanya milik Allah yang Maha Pengasih namun tidak pilih kasih dan Maha Penyayang kepada hamba-hamba-Nya yang selalu mencintai-Nya. Sholawat serta salam semoga terlimpah dan tercurah kepada Baginda Rosululloh SAW, *qudwah hasanah* bagi orang-orang beriman. Dengan rahmat dari Allah SWT, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Studi pustaka mulai dilakukan bulan Agustus 1999, dengan judul penelitian Sintesis, uji sifat fisis, dan struktur mikro komposit  $(Al_2O_3)_p/AlMgSi$ . Penelitian mulai dilaksanakan bulan Februari 2000, bertempat di Laboratorium Material BBI P3IB BATAN Kawasan PUSPITEK Serpong Tangerang. Penelitian ini adalah hasil kerjasama antara P3IB BATAN dan Jurusan Fisika IPB. Penulis pun mendapat beasiswa penunjang periset dari P2TRR BATAN.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan semua pihak. Kepada *Bapak Drs. Sidikrubadi Pramudito* (orang tua, sahabat dan guru) yang terus memotivasi penulis untuk bertahan hingga selesai. Kepada *Bapak Drs. Anthonius Sitompul, M.T.* (pembimbing dan teman diskusi) yang terus memantau kerja penelitian ini. Kepada *Bapak Drs. Sulistioso Giat Sukaryo, M.T.* (co-pembimbing, sahabat dan teman diskusi) yang senantiasa ada di saat-saat bingung dan sendirian, membuat segalanya lebih mudah. Kepada *Bapak Drs. Tumpal Pandiangan, M.T.* yang telah mengenalkan penulis pada kehidupan penelitian laboratorium dan membimbing selama studi literatur. Kepada seluruh dosen di Jurusan Fisika IPB, *special for Pak Hanedi, Ibu Mersi, Pak Tony Ibnu, Pak Dahlan dan Pak Irmansyah.* Kepada Pak Dani, Pak Sugik, Pak Eko, Pak Aloma, Pak Dirman, Pak Elman, Pak Imam, Pak Teguh, Pak Bambang, Pak Istanto, Pak Mario, Pak Saiful dan Pak Jodi (kru BBI yang selalu memotivasi dengan caranya masing-masing). Tak ketinggalan deretan ibu-ibu cantik, Ibu Evi, Ibu Ari, Ibu Wahyu, Mbak Prapti, Ibu Siti, Ibu Mia, Ibu Wita (*thank's for your attention*). Spesial buat *Bang Ihsan (thank's for the books and relationship-nya)*, *Pak Arslan dan Pak Nurdin* (teman diskusi, konsultasi dan korektor naskah skripsi). Tak lupa kepada *Bapak Bahrudin*, yang setia mengantar jemput penulis ke Kawasan Puspitek Serpong. Kepada teman-teman seperjuangan; Ratna (kenangan makan durian di depan stasiun Depok Baru), Aisyah (*I miss you*), Rina (*thank's* atas tumpangan nginapnya, traktirannya, tempat curhatnya, diantar ngerental, ke pameran pendidikan dan *sorry*, disasarin di jalan), Susi (*keep smile ya ?!*), Anam (*thank's and sorry*), Sujud dan Hermawan (*thank's* atas pinjaman bukunya dan dibuatkan grafik), Totok (yang sabar, ya ?!), Sigit (*thank's* atas inputnya), Waluyo (teman seperjalanan yang kocak), Abrar (*thank's for the correction*), Salmah 33 (*get the spirit* dong !! akhirnya...lulus juga !!!), Irma, Betha, Rida, Ela dan Hani (semoga sukses selalu). Teman-teman Mafia 33 (*I love you all !*) *special for Hayat, Andre, Irwan, Nienu (Tia), Lilis, Uthit*, Mafia 34 (*thank's for being my classmate*) spesial buat *Yuliati, Nuning, Alin, Ratni, Santiani, dan Sinthia.* *With my honour to Ajo Khairul Basar*, walau kebersamaan kita hanya sekejap mata, namun memberi kesan mendalam, *thank's for the beautiful day, thank's for everything that ever have you gave to me .*

*Hatur nuhun pisan bagi Ibunda (your great sacrifice and money), Bapak, Agus, Kak Desy, 'Kak Meyti, Abang Amran, A' Syarif, Zidane, Hanifah dan Iqbal.* Motivasi dan senyum kalian membuat segalanya menjadi indah. Penulis sadar masih panjang perjalanan ini. Kritik dan saran sangat dinantikan demi kesempurnaan karya ini. Semoga berguna bagi bangsaku yang sedang menangis. Maaf saya kepada semua. Hanya kepada Allah-lah kembali segala urusan.

Bogor, Maret 2001

Penulis

*Tri Yunita Megawaty*

## DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	iii
DAFTAR LAMPIRAN .....	iii
PENDAHULUAN .....	1
TINJAUAN PUSTAKA .....	1
Teori Komposit .....	1
Paduan AlMgSi 6061 .....	2
Sifat Fisis Alumina .....	2
Teknik Metalurgi Serbuk .....	3
Pemanasan T6 .....	3
BAHAN DAN METODE .....	4
Waktu dan Tempat .....	4
Bahan dan Alat .....	4
Metode Penelitian .....	4
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	5
Pengukuran Kerapatan .....	5
Pengujiian Kekerasan .....	5
Pengujiian Termal .....	7
Pengujiian Difraksi Sinar-X .....	7
Pengamatan Struktur Mikro .....	10
KESIMPULAN DAN SARAN .....	11
Kesimpulan .....	11
Saran .....	12
DAFTAR PUSTAKA .....	12
LAMPIRAN .....	13



## DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Sebaran Ukuran Partikel AlMgSi .....	4
2. Hasil Pengukuran Kerapatan .....	5
3. Hasil Pengujian Kekerasan Brinell .....	6
4. Hasil Pengujian Kekerasan Vickers .....	6
5. Puncak-puncak yang Teridentifikasi pada Sampel 15% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Hasil <i>Sintering</i> .....	9
6. Puncak-puncak yang Teridentifikasi pada Sampel 15% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Hasil Pemanasan T6.....	10
7. Hasil Perhitungan Parameter Kisi pada Sampel 15% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Hasil <i>Sintering</i> .....	10
8. Hasil Perhitungan Parameter Kisi pada Sampel 15% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Hasil Pemanasan T6.....	10

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Diagram Fasa Paduan AlMgSi .....	2
2. Mekanisme Penyatuan dan Pengikatan pada Proses <i>Sintering</i> .....	3
3. Grafik Hasil Pengukuran Kerapatan.....	5
4. Grafik Hasil Uji Kekerasan.....	6
a. Uji Kekerasan Brinell .....	6
b. Uji Kekerasan Vickers .....	6
5. Termogram DTA .....	8
a. Sampel 0% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8
b. Sampel 15% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8
6. Pola Difraksi Sinar-X Hasil <i>Sintering</i> .....	9
a. Sampel 0% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	9
b. Sampel 15% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	9
7. Pola Difraksi Sinar-X Hasil Pemanasan T6.....	9
a. Sampel 0% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	9
b. Sampel 15% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	9
8. Batas Butir pada Permukaan Sampel 0% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	11
a. Hasil <i>Sintering</i> .....	11
b. Hasil Pemanasan T6 .....	11
9. Struktur Mikro pada Sampel 15% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	11
a. Hasil <i>Sintering</i> .....	11
b. Hasil Pemanasan T6 .....	11
10. Sebaran Alumina pada Matriks AlMgSi .....	11

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Beberapa Bentuk Partikel .....	13
2. Sifat Mekanik Paduan AlMgSi .....	14
3. Sifat-sifat Fisis Alumina .....	14
4. Transisi Struktur Alumina .....	14
5. Gambar Perlakuan Panas Hubungan Suhu dengan Waktu.....	15
6. Diagram Alir Percobaan.....	16
7. Data Pengukuran Kerapatan.....	17
8. Data Pengujian Kekerasan .....	20
9. <i>Peak data handling</i> Difraksi X-ray .....	22
10. Tampilan Permukaan Sampel 5% dan 10% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Hasil <i>Sintering</i> dan Pemanasan T6.....	26

## PENDAHULUAN

Telah banyak usaha yang dilakukan oleh para peneliti untuk meningkatkan kualitas bahan struktur. Pendekatan yang paling berhasil adalah pengembangan bahan komposit. Bahan komposit merupakan kombinasi dari bahan multifasa yang menunjukkan sifat-sifat yang lebih unggul daripada sifat-sifat bahan-bahan penyusunnya. Sifat-sifat bahan penyusun komposit ditentukan oleh beberapa hal, yaitu sifat dasar bahan-bahan penyusunnya, komposisi bahan-bahan penyusunnya, bentuk dan struktur penyusunnya, dan interaksi antara penyusunnya. Dalam mendesain bahan komposit, para peneliti telah mengkombinasikan variasi logam, keramik dan polimer untuk menghasilkan bahan generasi baru. Salah satu metode yang banyak digunakan saat ini adalah metode metalurgi serbuk. Pada proses metalurgi serbuk, bahan-bahan penyusun komposit dicampur, dikompaksi dan kemudian dipanaskan di bawah titik leburnya. (R.M. German, 1984). Keuntungan dari metoda metalurgi serbuk ini adalah pengontrolan material penyusun lebih mudah, sehingga bisa didapatkan sifat mekanik dan sifat fisis yang sesuai dengan variasi yang diinginkan, selain itu produk yang dihasilkan lebih beraneka ragam. (*Metals Handbook*, Vol. 7, 1984)

Alumunium dan paduannya sejak lama sudah banyak digunakan sebagai bahan konstruksi pada berbagai industri. Sampai saat ini masih terus dikembangkan sifat fisis dan mekanik paduan alumunium. Khususnya pada aplikasi industri otomotif dan industri penerbangan, reduksi berat sangat berperan penting dalam pemilihan material. Kombinasi dari logam ringan (*lightweight*) dan tahan terhadap lingkungannya (*environment resistant*) dan sifat-sifat mekanik lainnya yang berguna, membuat alumunium sangat baik digunakan sebagai basis logam pada bahan komposit. (K.B. Kim dan E.P. Yoon, 1995). Sebagai contoh, alumunium digunakan sebagai bahan dasar piston. Piston digunakan dalam industri otomotif sebagai tempat pemanasan busi. Sedangkan alumunium tidak cukup tahan pada suhu tinggi dan sifat uletnya dapat berubah menjadi getas bila tidak diberikan penguat. Oleh karenanya, pada alumunium perlu ditambahkan dengan bahan tertentu yang dapat meningkatkan sifat-sifat alumunium tersebut.

Bahan komposit diproduksi biasanya dengan menambahkan 5-30% partikel keramik keras pada matriks paduan alumunium. Komposit ini

mempunyai kekuatan dan kekerasan yang berbeda dengan paduan logam matriksnya. Sifat mekanik secara makroskopis pada komposit ini tidak hanya dikontrol oleh sifat mekanik penyusunnya, tetapi juga oleh sifat antar-muka partikel dan matriksnya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa terjadi reaksi antara penguat dan matriksnya, dengan pemanasan, peningkatan kekerasan antar-muka pada fasa tersebut dapat ditimbulkan. Pada daerah matriks yang berdekatan dengan daerah antar-muka, menunjukkan perubahan kerapatan yang tinggi bila dibandingkan dengan daerah matriks yang lebih jauh dari antar-muka. (K.B. Kim dan E.P. Yoon, 1995).

Pada penelitian ini dibuat komposit dengan teknik metalurgi serbuk. Basis matriksnya adalah paduan alumunium seri 6061 ( AlMgSi ) dan partikel penguatnya adalah  $\alpha$ -alumina. Kedua bahan dicampur, dikompaksi dan diberikan dua perlakuan panas, *sintering* dan pemanasan T6. Analisis sampel dilakukan setelah pemanasan, meliputi uji kekerasan, pengamatan struktur mikro, pengukuran kerapatan, uji termal, dan uji struktur kristal.

Penelitian ini bertujuan membuat komposit berbasis AlMgSi yang diperkuat oleh partikel alumina, melakukan karakterisasi terhadap efek penambahan alumina ke dalam paduan AlMgSi, efek perlakuan panas pada komposit, dan mengamati reaksi antar-muka antara matriks dan penguatnya.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Teori Komposit

Mel. M. Swartz dalam *Composite Material Handbook* tahun 1984 menyatakan bahwa komposit adalah material yang terdiri dari campuran dua atau lebih penyusun atau fasa yang berbeda pada skala makroskopik, dipisahkan oleh antar muka yang berbeda, dan fasa tersebut sangat penting untuk dapat memisahkan penyusun-penyusunnya. Berbeda pada skala makroskopik artinya material pembentuknya masih dapat terlihat seperti aslinya, tidak merubah fasa penyusunnya, dan terjadi penguatan matriks oleh penguatnya.

Dalam komposit terdapat tiga unsur, yaitu :

1. **Matriks**, adalah penyusun dasar komposit yang memiliki jumlah besar. Matriks dapat berupa logam, keramik, atau polimer.