

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN CORAN PADUAN Al-Mg-Si

Wahyu Purwo Raharjo¹

Abstract : *The aim of this research is to investigate the effect of the heat treatment to the Al-Mg-Si microstructure and hardness. The material used is from scrapped truck piston. It is melted and poured into the sand mould at 875°C. Then the specimens are made under JIS Z2245 standard for Rockwell hardness testing. The heat treatment is performed by heating the specimens (called solution treatment) in the furnace with temperature variation 500°C, 550°C and 600°C for 30, 60 and 90 minutes respectively. The specimens then are quenched into the water and aged in the air for 5 days. After hardness testing of the specimens, the microstructure investigation is performed by an optical microscope. For each variation, hardness testing is done for 3 specimens. This research indicates that the heat treatment increases the hardness of Al-Mg-Si alloy. At the solution treatment temperature 500°C, 550°C and 600°C for 30 minutes, the average hardness obtained are 77,67, 77,33 and 76 HRC respectively. Meanwhile at the solution treatment temperature 500°C for 30, 60 and 90 minutes, the average hardness obtained are 77,67, 76,67 and 76,33 HRC respectively. From this research, it is concluded that the solution treatment followed by quench and aging can increase the hardness of the Al-Mg-Si alloy. The higher its temperature and longer its process the lower material hardness obtained although it is not so significant.*

Keywords : *Al-Mg-Si alloy, hardness, solution treatment*

LATAR BELAKANG

Aluminium adalah logam ringan dengan sifat mekanik, ketahanan korosi serta konduktivitas listrik dan panas yang baik. Logam ini dipergunakan secara luas meliputi material untuk pesawat terbang, otomotif, kapal laut dan bidang konstruksi disamping untuk peralatan rumah tangga.

Karena termasuk logam yang lunak, untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya biasanya logam aluminium dipadukan dengan unsur seperti Cu, Si, Mg, Zn, Mn dan Ni.

Pengolahan bijih aluminium menjadi Al memerlukan energi listrik yang besar, sementara sumber bijih aluminium di alam tidak banyak dan cenderung semakin berkurang. Salah satu usaha untuk mengatasi hal ini adalah dengan menggunakan skrap Al untuk bahan baku pengecoran dan material buangan (*reject*) dari pengecoran sebelumnya, sebagai pengganti ingot Al. Proses pencairan dan penuangan ulang skrap Al untuk dibuat menjadi produk disebut remelting.

Untuk mendapatkan komponen Al yang memiliki sifat mekanik cukup baik, diantaranya kekerasan yang cukup tinggi, dilakukan penambahan unsur paduan. Unsur paduan yang sering digunakan adalah Mg dan Si. Untuk meningkatkan lagi sifat mekaniknya, perlu dilakukan perlakuan panas. Proses perlakuan panas yang lazim diantaranya adalah solution treatment yang disusul dengan pendinginan cepat (quench) dan aging. Penelitian ini akan mempelajari pengaruh temperatur dan waktu solution treatment terhadap kekerasan paduan Al-Mg-Si dikaitkan dengan struktur mikronya.

¹ staf pengajar jurusan Teknik Mesin FT UNS

TINJAUAN PUSTAKA

Proses pengecoran adalah proses pembuatan produk dengan cara memasukkan logam cair ke dalam cetakan dan membiarkannya membeku sehingga terbentuk produk yang diinginkan (DeGarmo, 1990). Salah satu material yang sering dipakai dalam pengecoran di antaranya adalah aluminium.

Aluminium adalah logam ringan yang mempunyai sifat mekanik, ketahanan korosi dan konduktivitas listrik dan panas yang baik. Aluminium merupakan logam nonferro yang penggunaannya paling banyak. Pemanfaatan aluminium mencapai urutan kedua setelah besi dan baja (Surdia, 1985). Penggunaan aluminium akan meningkat sekitar 3% pada sepuluh tahun kedepan dan peningkatan konsumsi ini seharusnya diiringi dengan peningkatan daur ulang aluminium sebesar 4% pada periode tahun yang sama (Vigeland, 2001). Hal ini disebabkan pengolahan bijih aluminium (bauxit) menjadi Al memerlukan energi yang besar. Selain itu sumber bijih aluminium juga semakin berkurang. Salah satu usaha untuk mengatasi hal ini adalah dengan melakukan daur ulang, diantaranya dengan pencairan ulang scrap aluminium (*remelting*). Hasil dari remelting aluminium ini selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk membuat komponen-komponen otomotif atau produk-produk lainnya.

Remelting pada aluminium dapat menghemat energi karena proses *remelting* hanya membutuhkan 5% dari energi yang dikonsumsi dalam produksi aluminium murni. Proses *remelting* juga lebih sederhana dibandingkan dengan proses pembentukan aluminium murni. Terlebih lagi ketersediaan scrap aluminium terus meningkat. Hasil dari daur ulang aluminium dinamakan *secondary aluminium*, namun hal itu tidak menjadikan produk hasil daur ulang aluminium sebagai produk yang tidak baik (Farner, 2000). Walaupun demikian proses *remelting* untuk paduan Al tidak dapat dilakukan berulang-ulang karena akan mengurangi ketangguhannya (Budiyono dan Jamasri, 2004).

Penelitian yang dilakukan oleh Batan (2006) pada proses perlakuan panas paduan Al 6061 menunjukkan bahwa proses perlakuan panas dapat meningkatkan tegangan tarik material sebesar 12 % dan kekerasan sebesar 21%.

Penelitian yang dilakukan oleh Anzip dan Suhariyanto (2006) pada paduan aluminium A356.2 menunjukkan bahwa paduan tersebut mengalami kenaikan sifat mekanik, yang meliputi kekuatan, kekerasan dan kekuatan impak dengan penambahan unsur Mn dan perlakuan panas T6. Kenaikan sifat mekanik tersebut sesuai dengan yang dipersyaratkan oleh JIS H5202 untuk *velg* mobil.

Davidson dkk. (2002) yang melakukan penelitian terhadap sifat *fatigue* untuk coran paduan Al-7Si-0.6Mg mendapatkan bahwa waktu *solution heat-treatment* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap sifat *fatigue* material tersebut. Dengan hasil yang tidak begitu berbeda antara waktu *solution heat-treatment* 4 dan 8 jam, waktu yang diperlukan untuk proses itu dapat dikurangi sehingga biaya dapat dihemat.

Penelitian yang dilakukan oleh Sharma dkk. (2006) terhadap struktur dan sifat mekanik paduan Al-12Si-0.3Mg dan Al-16Si-0.3Mg menunjukkan bahwa temperatur *solution heat-treatment* yang lebih tinggi akan memperhalus dan memperbaiki distribusi kristal-kristal Si eutektik sehingga kekuatan tarik paduan tersebut akan meningkat.

Dasar Teori Paduan Al

Aluminium biasanya lebih banyak dipakai dalam bentuk paduan dibandingkan logam murninya sebab sifat ringannya tidak hilang serta sifat-sifat mekanis dan mampu coranya dapat diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga (Cu), silisium (Si), magnesium (Mg), mangan (Mn) dan nikel (Ni) yang dapat mengubah sifat paduan Al.

a. Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Si

Paduan Al-Cu adalah paduan Al yang mengandung tembaga 4 - 5%, memiliki sifat-sifat mekanik dan mampu mesin yang baik sedangkan mampu coranya agak jelek. Paduan Al-Cu-Si dibuat dengan menambah 4-5% Si pada paduan Al-Cu untuk

memperbaiki sifat mampu cornya. Paduan ini dipakai untuk bagian-bagian motor mobil, meteran dan rangka utama dari katup-katup.

b. Paduan Al-Si dan Al-Si-Mg.

Paduan eutektik dari Al dan Si sekitar 2% disebut silumin yang memiliki mampu cor yang baik sehingga dapat dipakai untuk bagian-bagian mesin. Tetapi paduan yang biasa dicor mempunyai sifat mekanik yang jelek karena butir-butir Si yang besar sehingga dicor perlu penambahan Na dan agitasi logam cair untuk membuat kristal halus dan memperbaiki sifat-sifat mekanik, namun cara ini tidak efektif untuk coran besar. Paduan Al-Si diperbaiki sifat mekaniknya dengan menambahkan Mg, Cu atau Mn dan selanjutnya dengan perlakuan panas.

c. Paduan Al-Mg

Paduan Al yang mengandung Mg 4% atau 10% mempunyai ketahanan korosi dan sifat mekanik yang baik. Paduan ini mempunyai kekuatan tarik diatas 30 kgf/mm² dan perpanjangan diatas 12%, dipakai untuk alat-alat industri kimia, kapal laut dan pesawat terbang.

d. Paduan Al tahan panas

Paduan ini terdiri dari Al-Cu-Ni-Mg yang kekuatannya tidak berubah sampai 300°C, sehingga paduan ini biasa dipakai untuk torak dan tutup silinder.

Pencairan Paduan Al

Pencairan Al untuk pengecoran dapat dilakukan pada tungku krus besi cor, tungku krus dan tungku nyala api. Logam yang dimasukkan pada dapur terdiri dari sekrap (*remelt*) dan aluminium ingot. Al paduan cor ingot didapatkan dari peleburan primer dan sekunder serta pemurnian. Kontrol komposisi biasanya didapatkan dari analisis pengisian yang diketahui, yaitu sekrap dan ingot aluminium baru.

Pada penambahan unsur paduan, untuk logam paduan yang mempunyai titik lebur rendah seperti seperti Zn dan Mg, dapat ditambahkan dalam bentuk senyawa.

Sekrap dari bermacam-macam logam tidak dapat dicampurkan bersama ingot dan sekrap apabila standar ditentukan. Praktek peleburan yang baik mengharuskan dapur dan logam yang dimasukan dalam keadaan bersih (Heini dkk, 1981).

Untuk menghemat waktu pencairan dan mengurangi kehilangan karena oksidasi, logam lebih baik dipotong menjadi potongan kecil yang kemudian dipanaskan mula. Kalau sudah mulai mencair, fluks harus ditaburkan untuk mengurangi oksidasi dan absorpsi gas. Selama pencairan, permukaan harus ditutup fluks dan cairan diaduk pada jangka waktu tertentu untuk mencegah segregasi. (Surdia dan Chijiwa, 1991). Pada pencairan ulang (*remelting*), material hasil peleburan di atas dilebur kembali.

Cacat pada Proses Pengecoran

Cacat hasil pengecoran terdiri atas:

- a. Salah bentuk cetakan, yaitu cacat yang disebabkan oleh salah dalam membuat model cetakan.
- b. Cacat inklusi pasir, yaitu cacat yang disebabkan pasir dari cetakan masuk ke dalam cairan logam.
- c. Cacat gas

Paduan Al akan cenderung menyerap gas H₂. Makin tinggi temperatur logam, kemampuan menyerap gas H₂ makin tinggi. Pada titik lebur tiba-tiba terjadi kenaikan kelarutan H₂ pada Al sampai dicapainya temperatur penuangan. Akibat pendinginan dan pembekuan gas akan terjebak dalam Al yang menyebabkan *pinholes* dan porositas gas secara mikroskopis (Beeley, 1982)

d. Cacat penyusutan

Cacat yang disebabkan kontraksi volume di dalam larutan dan pada saat pembekuan.

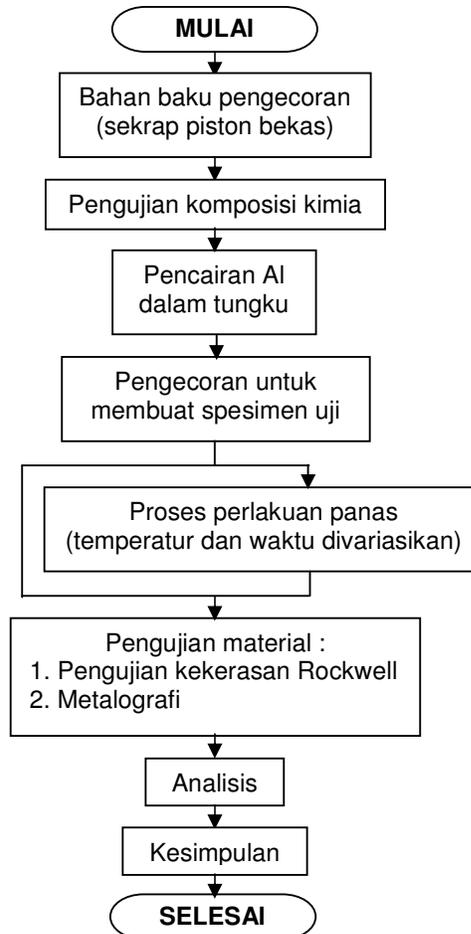
Kekerasan

Kekerasan material menunjukkan ketahanan material terhadap deformasi plastis yang terjadi secara lokal. Kekerasan material juga berkorelasi dengan ketahanan aus.

Jenis pengujian kekerasan material secara makro diantaranya adalah metode Brinell, Vickers dan Rockwell. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Metode Rockwell dipilih pada penelitian ini karena prosesnya relatif cepat dan mudah.

METODE PENELITIAN

Secara singkat proses penelitian dilakukan berdasarkan diagram alir pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Material Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah paduan Al dari piston bekas terpilih dengan komposisi kimia 72,37% Al, 11,39% Si, 6,82%Mg dan 2,77%Cu. Material tersebut dapat diklasifikasikan sebagai paduan Al-Mg-Si. Material dicairkan dan dituang pada cetakan pasir dengan temperatur penuangan 875°C. Selanjutnya dibuat spesimen berdasarkan standar JIS Z2245 untuk pengujian kekerasan Rockwell.

Alat Penelitian

Peralatan penelitian yang dipakai berupa dapur peleburan non ferro, termokopel, mesin uji kekerasan Rockwell (gambar 2) dan mikroskop optik. Dapur peleburan berupa kowi yang dipanaskan dengan menggunakan bahan bakar briket batubara.



Gambar 2. mesin uji kekerasan Rockwell

Sekrap Al yang berasal dari piston bekas kendaraan bermotor dipotong-potong dan dimasukkan ke dalam kowi hingga mencair dan terus dipanaskan. Setelah temperaturnya mencapai $\pm 875^{\circ}\text{C}$, Al cair tersebut selanjutnya dituangkan ke dalam cetakan pasir. Setelah membeku, material dipotong untuk membuat spesimen uji.

Proses perlakuan panas dilakukan terhadap spesimen uji yaitu dengan memanaskan spesimen (*solution treatment*) dengan variasi temperatur 500°C , 550°C dan 600°C selama 30 menit. *Solution treatment* juga dilakukan dengan variasi waktu 30, 60 dan 90 menit dengan temperatur 500°C . Selanjutnya spesimen diquench dalam media air dan dibiarkan dalam udara terbuka selama 5 hari.

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap spesimen yang telah di-*heat treatment*. Untuk tiap variasi proses, dilakukan pengujian terhadap 3 spesimen.

Pengamatan struktur mikro dilakukan setelah pengamplasan dan pemolesan spesimen. Spesimen kemudian di-etch menggunakan larutan dengan komposisi 2,5 ml HNO_3 , 1,0 ml HCl, 1,5 ml HF dan 95 ml air dengan cara dicelup selama 10 – 20 detik. Selanjutnya spesimen dibilas dengan air hangat. Pemeriksaan struktur mikro dilakukan 1 hari setelah proses etch dengan tujuan untuk mencegah rusaknya lensa mikroskop akibat uap HF.

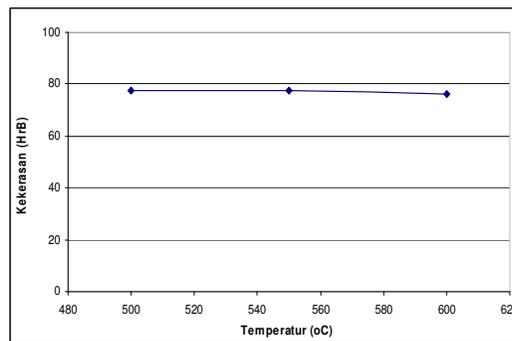
DATA DAN ANALISIS

Dari pengujian kekerasan terhadap beberapa spesimen dengan variasi waktu dan temperatur *solution treatment* didapatkan data seperti yang ditunjukkan dalam tabel 1.

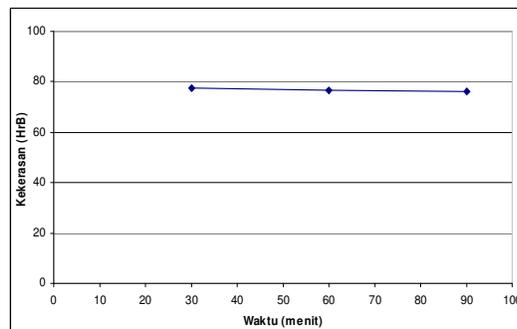
Dari data yang ditunjukkan pada tabel 1 dibuat grafik kekerasan coran paduan Al-Mg-Si sebagai fungsi dari temperatur *solution treatment* (gambar 3). Waktu *solution treatment* yang dipakai adalah 30 menit. Dari tabel yang sama dibuat pula grafik kekerasan coran paduan Al-Mg-Si sebagai fungsi dari waktu *solution treatment* (gambar 4). Temperatur *solution treatment* yang digunakan adalah 500°C .

Tabel 1. Nilai rata-rata kekerasan material berdasarkan variasi temperatur dan waktu *solution treatment*

No.	Variasi <i>solution treatment</i>		Kekerasan rata-rata (H _R B)
	Temperatur	Waktu (menit)	
1.	-	-	72
2.	500°C	30	77,67
3.		60	76,67
4.		90	76,33
5.	550°C	30	77,33
6.	600°C	30	76



Gambar 3. Grafik kekerasan coran paduan Al-Mg-Si sebagai fungsi temperatur *solution treatment* (t = 30 menit)

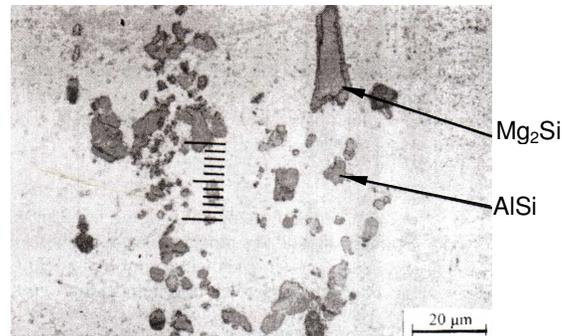


Gambar 4. Grafik kekerasan coran paduan Al-Mg-Si sebagai fungsi waktu *solution treatment* (T = 500°C)

Tabel 1 menunjukkan bahwa ada peningkatan kekerasan akibat perlakuan panas dibanding dengan paduan Al-Mg-Si yang tidak mengalami perlakuan panas yaitu dari 72 H_RB menjadi lebih dari 76 H_RB.

Dari gambar 3 didapatkan bahwa kenaikan temperatur *solution treatment* dari 500°C sampai dengan 600°C cenderung menurunkan kekerasan walaupun tidak

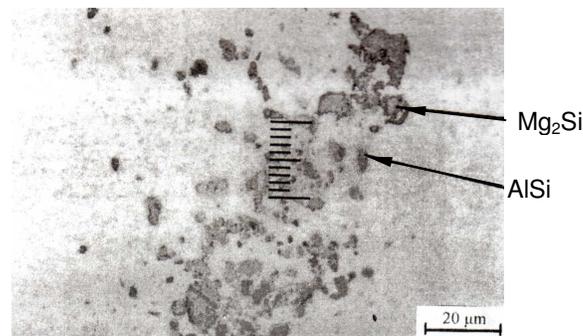
signifikan. Hal ini dibuktikan dengan hasil pemeriksaan struktur mikro yang tidak jauh berbeda antara coran paduan Al-Mg-Si yang mendapatkan *solution treatment* 500°C dan 600°C (gambar 6 dan 7). Pada kedua gambar tersebut fasa yang dominan adalah Al dan ada fasa lain yaitu AlSi dan Mg₂Si.



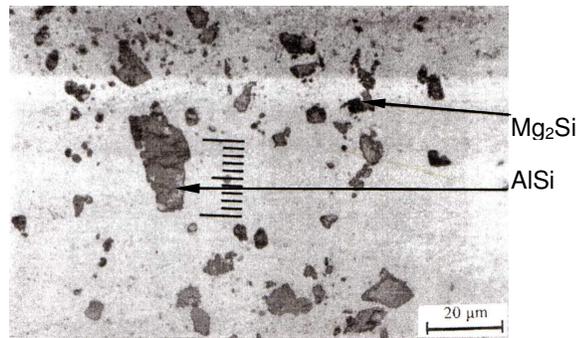
Gambar 5. Struktur mikro coran paduan Al-Mg-Si tanpa perlakuan

Dibanding dengan struktur mikro coran paduan Al-Mg-Si tanpa perlakuan panas (gambar 5), fasa Mg₂Si pada paduan Al-Mg-Si dengan perlakuan panas (gambar 6 dan 7) kelihatan cenderung berkurang. Hal ini disebabkan adanya kemungkinan Mg₂Si menjadi presipitat akibat proses perlakuan panas. Mekanisme penguatan akibat adanya presipitat menyebabkan peningkatan kekerasan yang lebih tinggi dibanding penguatan akibat mekanisme *solid solution*.

Dari gambar 4 diperlihatkan bahwa terjadi sedikit penurunan kekerasan akibat makin lamanya waktu *solution treatment*. Hal ini diduga diakibatkan oleh adanya perbesaran butir yang mengakibatkan penurunan.



Gambar 6. Struktur mikro coran paduan Al-Mg-Si dengan temperatur *solution treatment* 500°C selama 30 menit



Gambar 7. Struktur mikro coran paduan Al-Mg-Si dengan temperatur *solution treatment* 600°C selama 30 menit

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian paduan Al-Mg-Si yang telah mengalami perlakuan panas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Proses perlakuan panas (*solution treatment* disusul dengan *quench* dan *aging*) meningkatkan kekerasan coran paduan Al-Mg-Si.
- Peningkatan temperatur dan waktu *solution treatment* cenderung menurunkan kekerasan coran paduan Al-Mg-Si walaupun tidak signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anzip, A dan Suhariyanto, 2006, *Peningkatan Sifat Mekanik Paduan Aluminium A356.2 dengan Penambahan Manganese (Mn) dan Perlakuan Panas T6*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra Surabaya, Vol. 8 No. 2, ISSN 1410-9867, pp. 64-68.
- Batan, I.M.L., 2006, *Pengaruh Posisi Rangka terhadap Cacat Produk pada Proses Perlakuan Panas Rangka Sepeda dari Material Al 6061*, Jurnal Teknik Mesin Indonesia, Vol. 1 No. 2, ISSN 1907-350X, pp. 68-73.
- Beelley, P.R. 1982, *Foundry Technology*, Butterworths Scientific, London.
- Budiyono, A dan Jamasri, 2003, *Pengaruh Remelting terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Impak Paduan Aluminium Tuang 380*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin 2003 Universitas Brawijaya Malang.
- Davidson, C.J., Griffiths, J.R., & Machin, A.S., 2002, *The Effect of Solution Heat-Treatment Time on the Fatigue Properties of an Al-Si-Mg casting Alloy*, Fatigue & Fracture of Engineering Materials and Structures Journal, Vol. 25 Issue 2, pp. 223-230.
- DeGarmo, E.P., Black, J.T., & Kohser, R.A., 1990, *Materials and Processes in Manufacturing*, 7th ed., Macmillan, New York.
- Heini, R.W., etal, 1981, *Principles of Metal Casting*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd, New Delhi
- Sharma, R., Kumar, A., & Dwivedi, D.K., 2006, *Influence of Solution Temperature on Microstructure and Mechanical Properties of Two Cast Al-Si-Mg Alloys*, Materials and Manufacturing Processes Journal, Vol. 21 No. 3, pp. 309-314.
- Surdia, T., dan Chijiwa K., 1991, *Teknik Pengecoran Logam*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T. dan Shinroku, 1992, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Vigeland, P., 2001, *Aluminium Recycling: The Comercial Benefits, The Technical Issues and The Sustainability Imperative*, Metal Bulletin's 9th International Secondary Conference, Prague.