

## PENENTUAN STRUKTUR KRISTAL AlMg<sub>2</sub> ALLOY DENGAN DIFRAKSI NEUTRON

Arif Ismul Hadi<sup>1)</sup>, Sumariah<sup>2)</sup>, M. Dahlan<sup>2)</sup>, dan Mohtar<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Bengkulu,

<sup>2)</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Diponegoro,

<sup>3)</sup>Pusat Elemen Bahan Nuklir BATAN Serpong, Jakarta

Alamat e-mail : ismulhadi@yahoo.com

### Abstract

The determination of crystallography structure of AlMg<sub>2</sub> alloy has been done by neutron diffraction. In fabrication process, it was addressed by rolling phases. The first by hot rolling with thickness follows: 8.35 mm; 7.00 mm; 5.6 mm; 2.60 mm; 1.65 mm ± 0.05 at 425 °C temperature extended by cold rolling: 1.65 mm to 1.30 mm ± 0,07 thickness at normal temperature. Counting of the data was started by activate of detector from 11° to 40° angle with 0.075 overstep and preset monitor count of 60,000 at 26 MW. Processing of the data using of microcomputer 16 bit NEC PC-9801 VM2. The results show that the AlMg<sub>2</sub> alloy structure are FCC system with lattice parameter (a) = 4.0817 Å.

Keywords: AlMg<sub>2</sub> alloy, neutron diffraction, and FCC

### Abstrak

Penentuan struktur kristal AlMg<sub>2</sub> alloy telah dilakukan dengan difraksi Neutron. AlMg<sub>2</sub> alloy ini berupa pelat dengan perlakuan pengerolan bertahap. Tahap pertama adalah pengerolan panas dengan ketebalan berturut-turut : 8,35 mm; 7,00 mm; 5,6 mm; 2,60 mm; 1,65 mm ± 0,05 pada suhu 425 °C, kemudian dilanjutkan dengan tahap kedua, yaitu pengerolan dingin : 1,65 mm sampai dengan ketebalan 1,30 mm ± 0,07 pada suhu kamar. Pencacahan dilakukan dengan cara menggerakkan detektor dari sudut 11° hingga 40° dengan langkah 0,075, sedangkan preset monitor count 60.000 pada daya 26 MW. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan komputer mikro 16-bit NEC PC-9801 VM2 yang dapat menampilkan pola difraksi bahan tersebut, selanjutnya dapat diperoleh sudut 2θ, intensitas, dan integrated intensity. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa AlMg<sub>2</sub> alloy mempunyai struktur kristal kubik pusat muka (FCC) dengan parameter kisi (a) = 4,0817 Å.

Kata Kunci: AlMg<sub>2</sub> alloy, difraksi neutron, dan FCC

### PENDAHULUAN

AlMg<sub>2</sub> alloy merupakan salah satu jenis paduan yang diketahui mempunyai sifat mekanik dan ketahanan terhadap korosi yang sangat baik [1]. Salah satu fungsi dari AlMg<sub>2</sub> alloy adalah sebagai kelongsong bahan bakar nuklir. Bahan ini digunakan dalam bentuk polikristal. Adanya struktur kristal yang berbeda-beda dapat dibuktikan dengan percobaan sinar-X maupun difraksi neutron. Penentuan struktur kristal secara kualitatif sudah sejak lama dilakukan orang dengan cara

difraksi sinar-X. Percobaan pertama penentuan struktur kristal dengan difraksi neutron telah dilakukan oleh Brockhouse [2] dan selanjutnya penentuan struktur kristal dengan difraksi neutron banyak dipakai pada berbagai pusat reaktor nuklir di Eropa dan Amerika.

Gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi mempunyai panjang gelombang yang besar sedikit dari jarak antar bidang dalam kristal. Berkas gelombang elektromagnetik yang mengenai kristal mengalami difraksi

sesuai dengan hukum Fisika. Sudut difraksi inilah yang digunakan untuk menentukan struktur kristal dengan ketelitian tinggi. Struktur kristal akan dapat berubah apabila mengalami perlakuan berbeda. Selanjutnya perubahan ini mampu balik pada waktu pendinginan besi [3]. Struktur kristal sangat berkaitan dengan arah kristal, karena banyak sifat berubah dengan arah. Sebagai contoh dapat disebutkan bahwa modulus elastisitas besi *BCC* (*Body Centered Cubic*) dalam arah diagonal ruang lebih besar daripada modulus elastisitas dalam rusuk kubus. Sebaliknya permeabilitas magnet dari besi memiliki nilai terbesar dalam arah sejajar dengan rusuk sel satuan [3].

Zat padat yang memiliki struktur kristal, atom-atom dan molekul-molekul dari bahan tersebut akan tersusun secara beraturan, sehingga membentuk suatu pola tiga dimensi yang dapat digambarkan sebagai suatu kelipatan atau pengulangan dari satu pola satuan yang lazim dikenal sebagai sel satuan atau *unit cell*. Keteraturan ini tidak dijumpai pada atom gas dan cairan [4]. Suatu kisi dapat didefinisikan sebagai pola yang berulang dalam tiga dimensi yang terbentuk dalam kristal. Struktur kristal yang paling sederhana adalah kisi kubik sederhana [5].

Semua sel dari kristal kubik sederhana adalah identik, maka untuk mudahnya kisi kristal dibagi dalam sel satuan. Sel satuan ini mempunyai volum terbatas, masing-masing memiliki ciri yang sama dengan kristal secara keseluruhan. Ukuran dan bentuk sel satuan dapat dijelaskan oleh tiga vektor **a**, **b** dan **c** yang ditarik dari suatu sudut sel sebagai awalnya. Vektor-vektor ini menyatakan sel dan disebut sebagai sumbu kristalografi dari sel. Selain itu, sel satuan dapat dinyatakan dalam panjang (a,b,c) dan sudut antaranya. Panjang dan sudut ini sebagai konstanta kisi sel.

Jarak yang selalu berulang ini, yang disebut konstanta kisi/parameter kisi dalam pola jangkauan panjang kristal menentukan ukuran sel satuan. Karena pola kristal identik dalam ketiga arah tegak lurus, sel satuan ini berbentuk kubik dan *a* adalah konstanta kisi dalam ketiga arah koordinat. Dalam kristal bukan kubik, konstanta kisi berbeda dalam ketiga arah koordinat [3].

Kristal dilukiskan oleh sel satuannya dan bentuk sel satuan ditentukan besar sumbu kristal *a, b, c* serta sudut kristal  $\alpha, \beta, \gamma$ . Kristal kubik memiliki pola yang sama sepanjang ketiga sumbu tegak lurus :  $a_1 = a_2 = a_3$ . Kebanyakan logam dan beberapa jenis keramik berbentuk kubik. Kristal bukan kubik terjadi bila pola ulangnya tidak sama dalam ketiga arah koordinatnya atau sudut antar ketiga sumbu kristal tidak sama dengan 90°. Apabila sel satuan diisi atom dengan tidak merusak unsur simetri yang sebelumnya ada padanya, diperoleh apa yang dinamakan kisi *Bravais* kristal. Frankenheim dan Bravais dalam [4] telah membuktikan bahwa ke tujuh sistem kristal memiliki 14 kisi *Bravais*, namun dalam penelitian ini hanya akan ditinjau struktur kristal kubik saja. Untuk menentukan struktur kristal apakah merupakan struktur kristal *SC* (*Simple Cubic*), *BCC* (*Body Centered Cubic*) atau *FCC* (*Face Centered Cubic*) diperlukan tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Tabel Penentuan Struktur Kristal [4] Sumber: (Darmawan, dkk., 1987).

Struktur Kristal	$h^2 + k^2 + l^2$
<i>SC</i>	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,...
<i>BCC</i>	2,4,6,8,10,12,14,16,...
<i>FCC</i>	3,4,8,11,12,16,19,20,24,27, ...

Arah kristal sangat penting dalam mempelajari sifat dan struktur kristal, karena banyak sifat berubah dengan arah. Arah kristal biasanya

diberi indeks sesuai *berkas* yang berasal dari titik asal melalui titik dengan indeks utuh terkecil. Sesuai perjanjian [3], kita gunakan tanda kurung persegi [*uvw*] untuk menyatakan arah kristal, dan  $\langle uvw \rangle$  untuk kelompok arah. Dan di sini digunakan huruf *u*, *v*, dan *w* yang berasal dari tiga sumbu utama, masing-masing adalah *x*, *y*, dan *z*. Arah-arah yang sejajar selalu mempunyai indeks yang sama, sedangkan arah negatif ditandai dengan garis datar di atas angka.

Suatu kristal mempunyai bidang-bidang atom, dan hal ini mempengaruhi sifat dan perilaku bahan. Orientasi bidang dalam kristalografi ditentukan oleh indeks Miller-nya. Indeks Miller adalah kebalikan dari perpotongan suatu bidang dengan ketiga sumbu, biasanya dinyatakan dalam bilangan utuh bukan pecahan atau kelipatan bersama [3]. Pada sistem ini dipilih tiga sumbu *x*, *y*, *z* yang masing-masing sejajar rusuk sel satuan. Sistem kubik arah (*hkl*) selalu tegak lurus terhadap bidang (*hkl*) pada indeks yang sama. Untuk menentukan suatu sistem bidang kristal, harus dicari dulu perpotongan terhadap sumbu *x*, *y*, *z*, kemudian diambil kebalikannya lalu disamakan penyebutnya. Untuk bidang yang memotong sumbu negatif, indeksnya adalah negatif dengan mencantumkan garis datar di atas angka bidang yang memotong sumbu negatif.

Teknik difraksi (difraksi neutron dan difraksi sinar-X) merupakan teknik yang sering digunakan dalam penelitian struktur kristal bahan. Difraksi neutron titik penghamburnya adalah inti-inti atom, sedangkan dalam difraksi sinar-X titik penghamburnya adalah elektron-elektron atom. Karena di dalam kristal yang sempurna, titik-titik penghambur ini tersusun secara periodik, maka sinar-sinar yang dihamburkan memiliki hubungan fasa tertentu satu sama lain sedemikian sehingga dalam arah tertentu terjadi interferensi yang saling

menguatkan dan dalam arah yang lain terjadi interferensi yang saling melemahkan. Berkas radiasi yang disusun oleh sinar-sinar hambur yang saling menguatkan menghasilkan puncak difraksi [6]. Kristal dianggap terdiri atas pusat-pusat hamburan yang “duduk” pada titik-titik kisi.

Apabila suatu berkas sinar dengan panjang gelombang  $\lambda$  dijatuhkan pada sekumpulan bidang kristal yang berjarak *d* pada sudut  $\theta$ , maka berkas sinar tersebut dipantulkan secara simetri dengan sudut  $\theta$ , sinar yang dipantulkan tampak jika berkas-berkas dari tiap bidang yang berdekatan saling menguatkan. Berkas neutron tersebut tidak saja dipantulkan oleh bidang permukaan, tetapi juga oleh bidang-bidang di bawahnya. Pantulan ini akan sefasa apabila kelipatan bulat dari panjang gelombang berkas. Nilai *n* pada persamaan (1) sama dengan jumlah (bilangan bulat) gelombang, sehingga [3]:

$$n\lambda = CB + BD, \\ = 2 BA \sin \theta = 2 d_{hkl} \sin \theta, \quad (1)$$

dengan

$$n = \text{bilangan bulat; } n = 1, 2, 3, \dots \\ \lambda = \text{panjang gelombang neutron,} \\ d_{hkl} = \text{jarak antar bidang,} \\ \theta = \text{sudut difraksi.}$$

Panjang gelombang neutron yang digunakan adalah  $0,997 \text{ \AA}$ . Dicari dari monokromator Cu (200) dan parameter kisi (*a*) Cu =  $3,6153 \text{ \AA}$  [5] yang mempunyai  $\theta = 23^\circ$ . Apabila dimasukkan ke persamaan (2) diperoleh  $d_{hkl} = 1,2782$ . Kemudian dari persamaan (2) diperoleh  $\lambda \cong 0,997 \text{ \AA}$ , sedangkan rumus umum untuk jarak konstanta kisi (parameter kisi) dalam kristal kubik [5] adalah:

$$a = d_{hkl} \left( \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \right), \quad (2)$$

dengan  $d_{hkl}$  adalah jarak antar bidang kisi dan *h*, *k*, dan *l* merupakan indeks bidang.

Adapun tujuan penelitian ini adalah mempelajari struktur AlMg<sub>2</sub> alloy sebagai kelongsong bahan bakar nuklir dan menganalisis struktur cuplikan AlMg<sub>2</sub> alloy.

#### **METODE PENELITIAN**

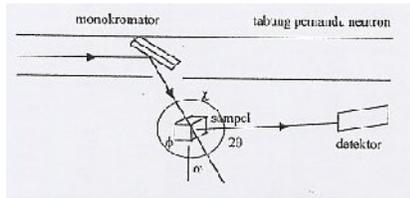
Alat-alat yang dipakai pada penelitian ini adalah: (a) alat pemotong besi, (b) kikir, (c) gergaji, (d) saringan/ayakan, (e) penjepit besi, (f) perekat besi, dan (g) difraktometer neutron empat lingkaran. Penelitian ini menggunakan bahan AlMg<sub>2</sub> alloy yang diperoleh dari PEBN (Pusat Elemen Bahan Nuklir) BATAN Serpong. Bahan tersebut berupa pelat dengan perlakuan pengerolan bertahap, pelat tersebut terdiri dari tiga bagian: penutup atas, penutup bawah dan pigura sebagai tempat bahan bakar nuklir. Tahap pertama adalah pengerolan panas dengan ketebalan berturut-turut: 8,35 mm, 7,00 mm, 5,6 mm, 2,60 mm, 1,65 mm ± 0,05 pada suhu 425 °C dilanjutkan dengan tahap kedua yaitu pengerolan dingin: 1,65 mm sampai ketebalan 1,30 mm ± 0,07 pada suhu kamar.

Sampel dipersiapkan dengan membuat cuplikan serbuk dan cuplikan kubik (kubus), sehingga dapat diperoleh data yang diinginkan. Penyiapan sampel yang benar akan menghasilkan struktur kristal yang tepat. AlMg<sub>2</sub> alloy yang berbentuk pelat dipotong-potong dengan ukuran 1,5 cm x 1,5 cm, kemudian ditumpuk membentuk kubik (kubus) dengan sisi 1,5 cm, sehingga mencakup untuk difraksi neutron. Pada proses penumpukan tersebut dijaga agar arah-arah pengerolan tidak terbalik atau terputar, kemudian direkatkan dengan perekat (lem) besi. Untuk meratakan sisi-sisinya, permukaan yang bertumpukan dikikir. Selama pengikiran tumpukan dijepit agar rekatan tidak terlepas. Selanjutnya cuplikan dipersiapkan untuk difraksi neutron pada tiga macam arah. Ketiga macam arah

tersebut adalah arah transversal vertikal, transversal horizontal, dan longitudinal.

Untuk memperoleh sampel serbuk, pelat AlMg<sub>2</sub> alloy dikikir, kemudian diambil serbuknya. Sampel serbuk ini digunakan untuk membandingkan dengan sampel kubik (kubus). Berkas neutron dengan panjang gelombang rata-rata sebesar 0,997 Å ditembakkan pada cuplikan yang diletakkan pada meja cuplikan (*sample table*). Mula-mula untuk cuplikan serbuk yang dimasukkan dalam wadah cuplikan (*container*). Setelah proses tersebut selesai diganti dengan sampel kubik. Pencacahan dilakukan dengan cara menggerakkan detektor dari sudut 11° hingga 40° dengan langkah 0,075, sedangkan *preset monitor count* 60.000 pada daya 26 MW. Berkas neutron yang dihamburkan tersebut akan ditangkap oleh detektor utama, dicacah pada daerah sapuan sudut tertentu dan kemudian dengan menggunakan komputer mikro 16-bit NEC PC-9801 VM2 sebagai alat akuisisi data dan pengolahan data yang tersedia dapat ditampilkan pola difraksi dari bahan tersebut. Dengan menggunakan fasilitas komputer ini juga dapat diperoleh data  $2\theta$ , intensitas dan *integrated intensity*.

Setelah ditentukan intensitasnya pada ketiga macam arah muka cuplikan dan serbuk, maka dapat ditentukan struktur kristalnya apakah SC, BCC atau FCC dengan terlebih dahulu mencari konstanta/parameter kisinya dengan menggunakan persamaan (2). Gambar 1 menunjukkan prinsip kerja difraktometer neutron empat lingkaran. Prinsip kerja difraktometer adalah sebagai berikut: berkas neutron yang masuk melalui monokromator diarahkan ke meja cuplikan, kemudian ditangkap oleh detektor monitor dan dicacah oleh detektor utama, sehingga pada layar monitor akan tampak harga cacahan dan sudut hamburan Bragg.

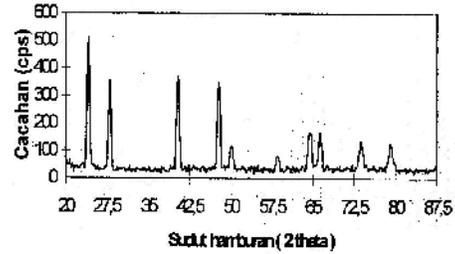


Gambar 1. Prinsip kerja difraktometer empat lingkaran.

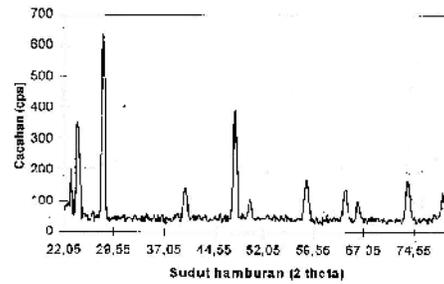
**HASIL DAN DISKUSI**

Berdasarkan hasil pengamatan, letak puncak-puncak cuplikan AlMg<sub>2</sub> alloy adalah pada  $\theta = 12,1^{\circ}$ ;  $14,05^{\circ}$ ;  $20,2^{\circ}$ ;  $23,875^{\circ}$ ;  $25,075^{\circ}$ ;  $29,35^{\circ}$ ;  $32,275^{\circ}$ ;  $33,175^{\circ}$ ;  $36,925^{\circ}$ ;  $39,475^{\circ}$ , dengan toleransi simpangan sudut sebesar  $\pm 0,4^{\circ}$ . Dari letak puncak-puncaknya, maka dapat ditentukan pula besarnya parameter kisi (*a*). Parameter kisi (*a*) tersebut dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2). Letak puncak-puncak pola difraksi satu sama lain mempunyai kecenderungan pola yang sama, sesuai dengan  $h^2 + k^2 + l^2$  : 3, 4, 8, 11, 12, 16, 19, 20, 24, dan 27 yaitu (111), (200), (220), (311), (222), (400), (331), (420), (422), dan (333).

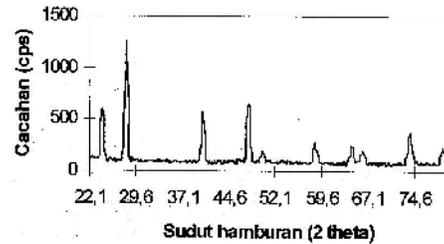
Untuk memperoleh struktur kristal dapat ditentukan melalui letak puncak-puncak difraksi. Letak puncak-puncak AlMg<sub>2</sub> terlihat seperti letak puncak-puncak difraksi yang dimiliki aluminium murni. Dimana puncak-puncak Aluminium terletak pada sudut  $12,31^{\circ}$ ;  $14,25^{\circ}$ ;  $20,37^{\circ}$ ;  $24,09^{\circ}$ ;  $25,24^{\circ}$ ;  $29,50^{\circ}$ ;  $32,45^{\circ}$ ;  $33,40^{\circ}$ ;  $37,09^{\circ}$ ; dan  $39,76^{\circ}$  [7]. Nilai cacahan sebagai fungsi sudut hamburan Bragg yang dihasilkan terlihat cukup ramping dan cacahan *background*-nya cukup rata. Hal ini memberikan informasi bahwa unsur-unsur pengotor tidak menghasilkan puncak yang jelas, melainkan berupa puncak-puncak kecil yang dapat diabaikan. Keadaan ini dimungkinkan mengingat konsentrasi unsur-unsur pengotor di dalam *alloy* cukup kecil (gambar 2).



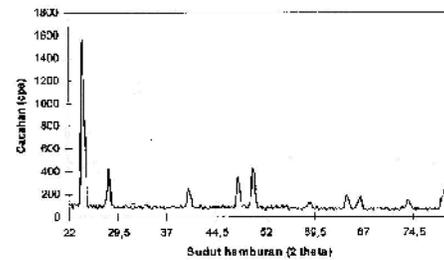
Gambar 2 (a). Pola difraksi cuplikan AlMg<sub>2</sub> bentuk serbuk.



Gambar 2 (b). Pola difraksi cuplikan AlMg<sub>2</sub> kubus arah longitudinal.



Gambar 2 (c). Pola difraksi cuplikan AlMg<sub>2</sub> kubus arah transversal horizontal.



Gambar 2 (d). Pola difraksi cuplikan AlMg<sub>2</sub> kubus arah transversal vertikal.

Tabel 2. Tabel Parameter Kisi

$h^2+k^2+l^2$	$h+k+l$	$a_1 (A^0)$	$a_2 (A^0)$	$a_3 (A^0)$	$a_4 (A^0)$	$a_5 (A^0)$	$a_6 (A^0)$	$a_7 (A^0)$	$a_8 (A^0)$	$a_9 (A^0)$	$a_{10} (A^0)$
1	100	2,3781	2,0533	1,4432	1,2316	1,1762	1,0170	0,9335	0,9110	0,8297	0,7841
2	110	3,3631	2,9038	2,0415	1,7417	1,6633	1,4382	1,3201	1,2883	1,1733	1,1088
3	111	<b>4,1189</b>	3,5564	2,5003	2,1331	2,0370	1,7614	1,6168	1,5778	1,4370	1,3581
4	200	4,7562	<b>4,1066</b>	2,8872	2,4632	2,3524	2,0340	1,8670	1,8220	1,6594	1,5682
5	210	5,3175	4,5913	3,2279	6,1580	2,6300	2,2740	2,0873	2,0370	1,8552	1,7533
6	211	5,8251	5,0295	3,5360	3,0167	2,4911	2,4911	2,2865	2,2314	2,0323	1,9206
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	220	6,7262	5,8076	<b>4,0831</b>	3,4834	3,3267	2,8765	2,6403	2,5766	2,5766	2,2177
9	300	7,1343	6,1599	4,3308	3,6948	3,5286	3,0510	2,8005	2,7330	2,7330	2,3523
10	310	7,5202	6,4931	4,5650	3,8946	3,7194	3,2160	2,9519	2,8808	2,8808	2,4795
11	311	7,8872	6,8106	4,7878	<b>4,0847</b>	3,9010	3,3730	3,0960	3,0124	3,0214	2,6005
12	222	8,2379	7,1128	5,0007	4,2663	<b>4,0744</b>	3,5229	3,2337	3,1557	3,1557	2,7162
13	320	8,5743	7,4032	5,2049	4,4405	4,2408	3,6668	3,3657	3,2846	3,2846	2,8271
14	321	8,8980	7,6827	5,4014	4,6082	4,4009	3,8052	3,4928	3,4086	3,4086	2,9338
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	400	9,5124	8,2132	5,7744	4,9264	4,7048	<b>4,0680</b>	3,7340	3,6640	3,6440	3,1364
17	410	9,8051	8,4659	5,9521	5,0780	4,8495	4,1931	3,8489	3,7561	3,4209	3,2329
18	411	10,0894	8,7114	6,1246	5,2252	4,6601	4,3147	3,9605	3,8650	3,5201	3,3266
19	331	10,3658	8,9501	6,2925	5,3684	5,1269	4,4330	<b>4,0690</b>	3,9709	3,6165	3,4178
20	420	10,6351	9,1826	6,4559	5,5078	5,2601	4,5481	4,1747	<b>4,0741</b>	3,7105	3,5066
21	421	10,8978	9,4094	6,6154	5,6439	5,3900	4,6604	4,2778	4,1747	3,8021	3,5931
22	322	11,1542	9,6308	6,7710	5,7767	5,5168	4,7701	4,3785	4,2729	3,8916	3,6777
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	422	11,6502	10,0590	7,0721	6,0335	5,7621	4,9822	4,5731	4,4629	<b>4,0646</b>	3,8412
25	430	11,8905	10,2665	7,2180	6,1580	5,8810	5,0850	4,6675	4,5550	4,1485	3,9205
26	431	12,1259	10,4698	7,3609	6,2799	5,9974	5,1857	4,7599	4,6452	4,2306	3,9981
27	333	12,3569	10,6692	7,5011	6,3995	6,1117	5,2844	4,8506	4,7336	4,3112	<b>4,0743</b>

Parameter kisi yang diperoleh menurut persamaan (2) adalah 4,08177 A<sup>0</sup>. Data indeks refleksi *hkl* nampak bahwa puncak-puncak difraksi cuplikan AlMg<sub>2</sub> memiliki *hkl* tidak tercampur, yaitu ganjil-ganjil-ganjil atau genap-genap-genap [4], sehingga dapat ditaksir bahwa cuplikan AlMg<sub>2</sub> tersebut mempunyai struktur FCC (tabel 2).

Pengaruh penguatan dan pengerasan yang diberikan oleh unsur Mg adalah melalui penguatan larutan padat (*solid solution strengthening*) secara substitusional [7]. Makin tinggi Mg yang larut padat aluminium, maka semakin meningkat kekuatan dan kekerasan paduannya (*alloy*). Namun demikian, unsur Mg yang tinggi akan terbentuknya fasa Al<sub>3</sub>Mg<sub>2</sub> dan kecenderungan terbentuknya fasa ini semakin cepat dengan naiknya tingkat deformasi pada aluminium-magnesium *alloy* atau apabila dikenai perlakuan panas yang tidak sesuai. Untuk menghindarinya adalah dengan bantuan diagram fasa [8]. Diagram ini dapat

digunakan sebagai “peta” yang menunjukkan fasa yang ada pada suhu tertentu atau komposisi *alloy* pada keadaan kesetimbangan (*equilibrium*) yaitu bila semua reaksi yang mungkin terjadi telah selesai.

AlMg<sub>2</sub> *alloy* mempunyai inti berat, sehingga daya serapan neutron termal relatif rendah, karena itu sulit untuk ditembus neutron termal, sedangkan konduktivitas termal tinggi karena elektron yang terdislokalisir merupakan pembawa energi termal. Kesetabilan tinggi terhadap radiasi dihasilkan karena radiasi neutron termal tidak cukup tereksitasi, sehingga tidak memancarkan energi radiasi. Sifat mekanik dan tahan terhadap korosi didapat karena AlMg<sub>2</sub> *alloy* dapat membentuk lapisan pelindung pada permukaan anoda dalam lingkungan oksidasi. Bahan ini sangat cocok sebagai kelongsong bahan bakar nuklir yang ulet, sehingga pemilihan bahan yang tepat merupakan kunci keberhasilan dalam desain reaktor nuklir.

**KESIMPULAN**

Dari percobaan di atas dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan : AlMg<sub>2</sub> alloy mempunyai struktur kristal kubik pusat muka (FCC) dengan parameter kisi ( $a$ ) = 4,08177 Å dan faktor-faktor yang mempengaruhi struktur kristal antara lain komposisi unsur paduan (alloy) dan suhu deformasi pada logam.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Gunawan, 1990. Analisis Pola Difraksi Neutron pada Paduan AlMg, *Proceeding PPTN-BATAN*, Bandung.
- [2] Inawati, T. 1986. Penelitian Zirkaloy-4 Batang dengan Difraksi Neutron, *Proceeding PPTN-BATAN*, Bandung.
- [3] van Vlack. 1992. *Element of Material and Engineering*, 5<sup>th</sup> Edition. Addison-Wesley Publishing Company, USA.
- [4] Darmawan, Loeksmanto, W, dan Liong, T.H. 1987. *Fisika Zat Padat*. Karunika, Jakarta.
- [5] Cullity, B.D. 1976. *Element of X-ray Diffraction*, 2<sup>nd</sup> Edition. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts.
- [6] Engkir, S. 1991. Algoritma Metode Marquardt yang Telah Dimodifikasi pada Perangkat Lunak Rietan. *Proceeding PPTN-BATAN*, Jakarta.
- [7] Sulistioso, G.S. 1994. Perubahan Tekstur Paduan AlMg<sub>2</sub> Karena Pengaruh Rekristalisasi, *Symposium Fisika Nasional XV*. Himpunan Fisika Nasional, Surabaya
- [8] Husna, M. 1995. Identifikasi Fasa Paduan AlMg<sub>2</sub> dengan Metode Difraksi Sinar-X dan Metalografi Selektif. *Proceeding PPTN-BATAN*, Bandung.
- [9] Massalski, T.B. 1992. *Binary Alloy Phase Diagrams*, 2<sup>nd</sup> Edition. ASM International-Volume 1, Ohio.

