

PENGARUH NEUTRON TERHADAP STRUKTUR MIKRO TOPAS

Suroso, Sarwani, Suwoto, Rohidi, Hendra P, Putut Heri S

ABSTRAK

PENGARUH NEUTRON TERHADAP STRUKTUR MIKRO TOPAS.

Telah dilakukan penelitian pengaruh neutron terhadap perubahan struktur mikro batuan. Batuan yang digunakan dalam penelitian adalah topas dengan rumus molekul $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$, sedangkan metodanya menggunakan analisis XRD dan metoda SEM. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa struktur mineral topas pra dan pasca iradiasi tidak mengalami perubahan yaitu sistem kristalnya tetap orthorombic, tetapi terjadi penurunan intensitas yang agak tajam. Perubahan intensitas ini diduga karena proses doping Pospor ke dalam bagian Silikon melalui reaksi inti dengan neutron cepat. Metoda SEM dilakukan dengan perbesaran 1000 kali dan 200 kali, hasil menunjukkan bahwa struktur mikro pasca iradiasi lebih halus dibandingkan pra iradiasi.

ABSTRACT

NEUTRON INFLUENCE REGARD TO MICRO STRUCTURE OF TOPAZ. Neutron influence regard micro structure of stones. The research of neutron influence regard to micro structure of stone have been done. The stone using in the research is topaz with molecular form is $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$. For analysis to use both XRD and SEM methode. The result from XRD methode shown that topaz mineral structure before and post irradiation not difference, the crystal is orthorombic, but the intensity of topaz post irradiation dropping very sharp. This intensity difference to prediction because will be happen doping process silicon part via nucleous reaction with fast neutron. The SEM methode perform with enlargement 1000 times and 200 times, the result shown that structure micro topaz post irradiation fine than before irradiation.

PENDAHULUAN

Batu permata sudah mempunyai kedudukan istimewa dalam peradaban manusia ribuan tahun silam. Permintaan akan batu permata semakin pesat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, namun permintaan yang tinggi tidak diimbangi dengan persediaan yang cukup. Keterbatasan akan batu permata tersebut menuntut diketemukannya teknologi baru yang bisa menghasilkan batu permata dengan kualitas yang sama dalam

bentuk seragam dan dalam jumlah yang besar. Salah satu cara untuk pemuliaan batu permata dapat dilakukan dengan teknik iradisi, tetapi untuk mendapatkan teknologi yang tepat dan baku dalam mendapatkan sasaran hasil sesuai dengan yang diharapkan dibutuhkan penelitian lebih lanjut tentang perubahan struktur mikro batuan sebelum dan sesudah diiradiasi hubungannya dengan perubahan warna yang terjadi pada batuan tersebut, karena perubahan struktur kristal diduga berkaitan dengan

perubahan warna batuan, sehingga pada penelitian ini ditekankan pada struktur kristal batuan. Batuan yang digunakan dalam penelitian adalah topas dengan rumus molekul $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$, sedangkan metodenya menggunakan analisis XRD dan metoda SEM. Diharapkan dari hasil penelitian dapat diperoleh informasi yang menjelaskan tentang perubahan struktur mikro topas sebelum dan sesudah iradiasi.

METODOLOGI

Percobaan dikerjakan dengan mengiradiasi topas pada fasilitas iradiasi dengan energi neutron epitermal sampai dengan cepat, yaitu dengan melapisi fasilitas iradiasi dengan boral atau cadmium. Penelitian perubahan struktur mikro topas pasca iradiasi dilakukan dengan menggunakan metoda difraksi sinar-X dan metoda SEM. Pada penelitian menggunakan teknik difraksi sinar-X topas pra dan pasca iradiasi ditumbuk sampai halus hingga berbentuk *powder*, kemudian struktur kristal diamati dengan menggunakan teknik difraksi sinar-X (XRD) dan penentuan komposisi unsur kimianya dengan teknik pendar sinar-X (XRF). Sedangkan penelitian dengan metoda SEM topas pra dan pasca iradiasi dipoles permukaannya sebelum difoto dengan perbesaran tertentu.

TATA KERJA

Metoda Difraksi Sinar-X

1. **Bahan** : batu topas, bahan kalibrator XRF

2. **Alat** : fasilitas iradiasi topas di RSG-GAS, spektrometri pendar sinar-X, pengering, difraksi sinar-X, sistem pengendali dan pemroses data (DP-610)

3. Prosedur Penelitian

a. Iradiasi Topas

1. Batu topas dimasukkan ke dalam kapsul, yang khusus didisain untuk iradiasi topas atau batuan.
2. Kapsul yang telah terisi topas dimasukkan ke dalam teras reaktor untuk diiradiasi, lama iradiasi serta waktu setelah spesimen iradiasi dicatat.
3. Reaktor dioperasikan pada daya 20 MW selama 11,2 jam.

b. Pengukuran XRF

1. Dua sampel topas dengan kondisi fisik sama satu diiradiasi (prosedur a) dan satu lagi tidak diiradiasi.
2. Kedua sampel dihaluskan, kemudian masing-masing sampel diambil satu gram untuk dibuat pelet dengan mesin pelet yang berdiameter 30 mm.
3. Kedua sampel diletakkan di atas permukaan sinar-X selama 30 menit.
4. Unsur Si, Al dan P ditentukan dengan menggunakan sumber radiasi primer Fe^{55} , sedangkan unsur lainnya dengan menggunakan Cd^{10}

c. Pengukuran XRD

1. Dua sampel topas dengan kondisi fisik yang sama, satu

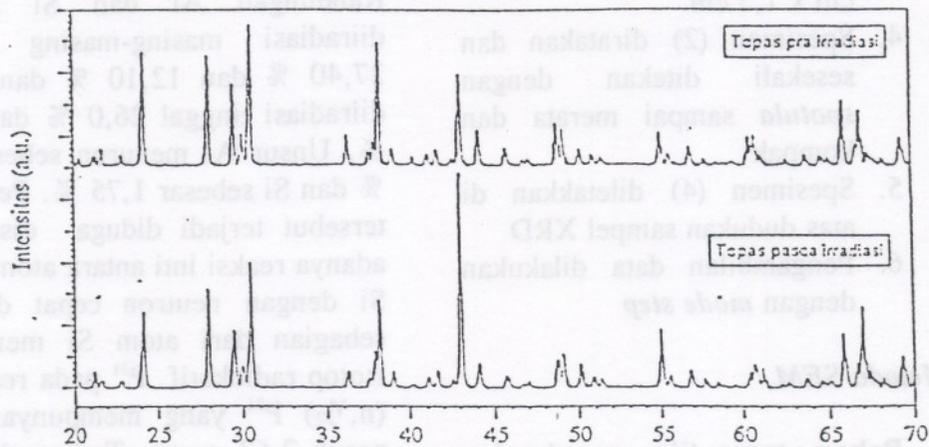
- diiradiasi (prosedur a) dan satu lagi tidak diiradiasi.
2. Kedua sampel dihaluskan, kemudian masing-masing sampel diambil 2 gram.
3. Sampel (2) diletakkan di atas *holder* yang terbuat dari aluminium dengan ukuran 2 cm x 1,5 cm
4. Spesimen (2) diratakan dan sesekali ditekan dengan *spatula* sampai merata dan kompak
5. Spesimen (4) diletakkan di atas dudukan sampel XRD
6. Pengambilan data dilakukan dengan *mode step*

Metoda SEM

- a. **Bahan** : topas, film, pemoles dan pembungkus
- b. **Alat** : ampelas, pembesar, detektor dan pemotret
- c. **Prosedur Penelitian**
 1. Dua sampel topas dengan kondisi fisik yang sama, satu diiradiasi (prosedur a) dan satu lagi tidak diiradiasi.
 2. Kedua sampel dihaluskan permukaannya dengan menggunakan ampelas.
 3. Kedua sampel dipoles dengan lapisan emas.
 4. Sampel (3) diletakkan di atas *holder*.
 5. Struktur mikro kondisi (4) dapat diatur perbesarannya dan diamati dilayar monitor.
 6. Kemudian dilakukan pemotretan jika kondisi sudah sesuai dengan yang dikehendaki.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data komposisi unsur kimia pra dan pasca iradiasi hasil pengukuran XRF, diperlihatkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Telihat dalam tabel bahwa terdapat kadar major Al dan Si dalam topas pasca iradiasi. Kandungan Al dan Si sebelum diiradiasi masing-masing sebesar 27,40 % dan 12,10 % dan setelah diiradiasi tinggal 26,0 % dan 10,35 %. Unsur Al menurun sebesar 1,40 % dan Si sebesar 1,75 %. Perubahan tersebut terjadi diduga disebabkan adanya reaksi inti antara atom Al dan Si dengan neutron cepat di mana sebagian dari atom Si membentuk isotop radiokatif P^{31} pada reaksi $Si^{31}(n, \gamma) P^{31}$ yang mempunyai waktu paruh 2,62 menit. Terbentuknya P^{31} pada topas pasca iradiasi diduga yang mengakibatkan perubahan warna pada topas. Hasil pengukuran dengan Hanawalt dapat dilihat pada Tabel 3. Terlihat bahwa pada harga sudut yang sama (2θ) untuk jarak antar bidang d dan parameter kisi (a, b dan c) dalam data topas standar Hanawalt dan data topas pra dan pasca iradiasi, menunjukkan nilai yang khas dan relatif sama, kecuali harga intensitas I/I_1 topas pasca iradiasi menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan topas sebelum iradiasi (Gambar 1). Hal ini dapat disebabkan oleh penyiapan sampel yang tidak homogen yang menyebabkan keberadaan posisi atom yang tidak pada tempatnya dan karena adanya perubahan yang disebabkan oleh reaksi inti dalam reaksi $Si^{31}(n, \gamma) P^{31}$. Disamping faktor lain diantaranya adalah, faktor polaritas struktur, muliplisitas, Lorenz, suhu dan absorpsi.



Gambar 1. Profil pola difraksi topas pra dan pasca iradiasi pengukuran dengan XRD

Tabel 1. Data kandungan unsur kimia topas pra iradiasi

Unsur	Energi (keV)	Kandungan unsur major dalam Topaz (Dalam grani)			Keterangan
		I	II	Rata-rata	
Al	1.487	2,63E-01	2,52 E-01	2,78 E-01	27,40%
Si	1.739	1,23E-01	1,18 E-01	1,21 E-01	12,10%
Kandungan unsur impuritas dalam topaz					
P	-	-	-	-	-
Ca	3.690	1,15 E-04	9,96 E-05	1,073 E-04	
Sb	3.610	2,79 E-03	4,60 E-03	3,695 E-03	
Ta	8.140	3,33 E-05	2,98 E-05	3,155 E-05	
Ge	9.876	1,20 E-04	1,30 E-04	1,250 E-04	
Bi	10.830	2,06 E-05	1,37 E-05	1,715 E-05	
Sr	14.142	4,73 E-06	2,49 E-06	3,610 E-06	
Y	14.933	8,08 E-06	7,37 E-06	7,725 E-06	
Mo	17.443	1,87 E-06	1,74 E-06	1,805 E-06	

Tabel 2. Data kandungan unsur kimia topas pasca iradiasi

Unsur	Energi (key)	Kandungan unsur major dalam Topaz (Dalam gram)			Keterangan
		I	II	Rata-rata	
Al	1.487	2,61E-01	2,59 E-01	2,604 E-01	26,00 %
Si	1.739	1,03E-01	1,05 E-01	1,21 E-01	10,35 %
Kandungan unsur impuritas dalam topaz					
P	2,014	4,84 E-04	4,84 E-04	4,840 E-04	0,001 %
Ca	3.690	1,85 E-04	1,69 E-05	1,770 E-04	
Ti	4.508	6,92 E-06	4,14 E-06	5,530 E-06	
Sb	3.610	2,79 E-03	4,60 E-03	3,695 E-03	
Ta	8.140	3,33 E-05	2,98 E-05	3,155 E-05	
Ge	9.876	1,20 E-04	1,30 E-04	1,250 E-04	
Bi	10.830	2,06 E-05	1,37 E-05	1,715 E-05	
Sr	14.142	4,73 E-06	2,49 E-06	3,610 E-06	
Y	14.933	8.08 E-06	7,37 E-06	7,725 E-06	
Mo	17.443	1,87 E-06	1,74 E-06	1,805 E-06	

Tabel 3. Data Hanawalt dibanding dengan data analisis XRD Topas Pra dan Pasca Iradiasi

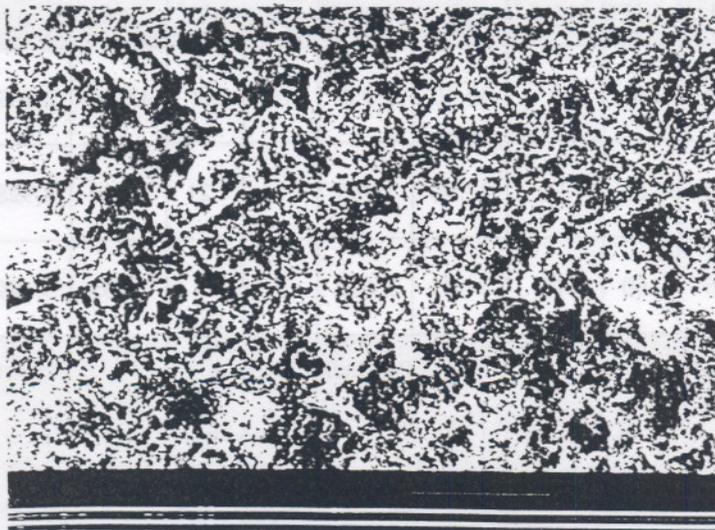
Powder Diffraction Data JCPDS at the NBS, Hanawalt Std. Topaz Al ₂ SO ₄ (F,OH) ₂				Topaz Pra Iradiasi (Pengukuran dengan XRD)				Topaz Pasca Iradiasi (Pengukuran dengan XRD)			
2 ^θ	d	I/I ₁	hkl	2 ^θ	d	I/I ₁	hkl	2 ^θ	d	I/I ₁	hkl
30,38	2,94	100	211	30,40	2,938	100	211	42,00	2,102	61	211
27,86	3,20	65	21	27,90	3,195	75	21	30,50	2,928	52	21
24,10	3,69	60	111	24,05	3,697	72	111	27,95	3,189	38	111
Parameter kisi a=8,394, b=8,792, c=4,649				Parameter kisi a=8,383, b=8,767, c=4,667				Parameter kisi a=8,372, b=8,793, c=4,632			

Powder diffraction data :
 Nama mineral : Topas
 Rumus kimia : Al₂SiO₄(F,OH)₂
 Sistem kristal : Orthorombic

Grup ruang : Pmnb
Parameter kisi : $a = 8,384$ $b = 8,792$ $c = 4,649$
Optical data : $\alpha = 1,610$ $\beta = 1,612$ $\gamma = 6,619$



Gambar 2. Struktur mikro topas pra iradiasi dengan metoda SEM perbesaran 1000 kali



Gambar 3. Struktur mikro topas pasca iradiasi dengan metoda SEM perbesaran 1000 kali

Pada gambar tersebut terlihat bahwa kedua struktur tersebut sama, tidak terbentuk fasa baru. Hal ini berarti bahwa tidak terjadi perubahan struktur pada topas pasca iradiasi, yang dapat dibuktikan dengan parameter kisi yang khusus untuk topas ternyata sama dengan data Hanawalt yaitu $a = 8,3722A$, $b = 8,7932 A$ dan $C =$

$4,6432 A$. Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan struktur mikro topas pra dan pasca iradiasi dengan perbesaran 1000 kali dan 200 kali terlihat bahwa struktur mikro topas pasca iradiasi lebih halus dibandingkan dengan topas pra iradiasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. LIDDICORD, R.T., *Handbook of Gem Identification*, G.I.A., Los Angeles, 1975
2. MIRKI L.L., *Handbook of X-Ray Analysis of Polycrystal Materials*, Consultan Bureu, New York, 1969
3. SUROSO dkk., *Teknologi Pemuliaan Topas Dengan Metoda Iradiasi Neutron*, Prosiding Panel Diskusi dan Poster Ilmiah, Pekan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi 1995, Puspiptek Serpong, 1995

KESIMPULAN

Penelitian pengaruh neutron terhadap struktur mikro topas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Struktur mineral topas pra dan pasca iradiasi tidak mengalami perubahan, tetapi terjadi penurunan intensitas yang agak tajam. Pola difraksi ini, karena terjadi substitusi (proses *doping*) atom P ke dalam bagian atom Si karena reaksi inti dengan neutron cepat. Terbentuknya Pospor pada topas pasca iradiasi inilah yang diduga sebagai penyebab perubahan warna. Sedangkan hasil yang diperoleh dari metoda SEM menunjukkan bahwa struktur topas pasca iradiasi konturnya terlihat lebih halus dibandingkan dengan topas pasca iradiasi.