

PENGARUH IRADIASI- γ TERHADAP REGANGAN KISI DAN KONDUKTIVITAS IONIK PADA KOMPOSIT PADAT $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$

P. Purwanto ⁽¹⁾, S. Purnama ⁽¹⁾, D.S. Winatapura ⁽¹⁾ dan Alfian ⁽¹⁾

1. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)-BATAN

Kawasan Puspiptek Serpong, Banten.

Email : patricius@batan.go.id

ABSTRAK

PENGARUH IRADIASI- γ TERHADAP REGANGAN KISI DAN KONDUKTIVITAS IONIK PADA KOMPOSIT PADAT $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$. Komposit padat $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ telah dapat dibuat dengan pencampuran antara LiI dengan $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$. Komposit padat di pelet dengan ukuran diameter 1,5 cm dan tekanan 5000 psi. Kemudian komposit padat tersebut dilakukan iradiasi dengan dosis 100 kGy, 200 kGy, 300 kGy dan 400 kGy. Pengukuran struktur kristal dilakukan dengan teknik difraksi sinar-x. Dari pola difraksi sinar-x pada komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ menunjukkan bahwa struktur yang terbentuk adalah campuran struktur LiI dan $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$. Regangan kisi komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ menurun seiring dengan naiknya dosis radiasi. Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan alat LCR pada kisaran frekuensi 0,1 Hz-100 kHz. Konduktivitas komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ menurun seiring dengan naiknya dosis radiasi.

Kata kunci: Elektrolit padat, iradiasi, difraksi sinar-x, konduktivitas.

ABSTRACT

EFFECT γ -RAY IRRADIATION IN THE LATTICE STRAIN AND IONIC CONDUCTIVITY AT SOLID COMPOSITE OF $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$. The solid composite $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ has been prepared by solid reaction, by mixing of LiI with $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ powders. The mixture was compacted with diameter 1.5 cm and pressure 5000 psi. The solid composite was irradiated with irradiation dosis 100 kGy, 200 kGy, 300 kGy and 400 kGy. The measurement of crystal structure was done by x-ray diffraction. Result from x-ray diffraction shows that the structure of $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ was a mixture structure of LiI and $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$. The lattice strain of composite $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ was decrease with increasing radiation doses. The conductivity of composite of $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ was measured by LCR at frequency between 0.1 Hz to 100 kHz. The result show that the conductivities of composite decrease with increasing radiation doses.

Key word: Solid electrolyte, irradiation, x-ray diffraction, conductivity.

PENDAHULUAN

Konduksi ion didalam suatu bahan padat terjadi adanya ketidakteraturan pada bahan tersebut. Adanya getaran termal pada bahan menyebabkan ion memperoleh energi untuk melakukan perpindahan dari satu tempat ke tempat lain di dalam suatu kristal sehingga terjadi kekosongan. Cacat pada kristal akan menimbulkan suatu mobilisasi ion yaitu cacat Schottky atau Frenkel. Banyaknya cacat pada bahan tergantung pada perlakuan panas dan radiasi yang diberikan pada bahan tersebut^[1].

Bahan superionik padat adalah bahan ionik dengan konduktivitas listrik cukup baik dibandingkan dengan elektrolit cair. Bahan ini dinamakan juga elektrolit padat atau konduktor ion cepat. Bahan superionik padat mempunyai karakteristik yaitu memiliki ikatan kristal adalah ikatan ionik dan konduktivitas listrik sekitar $(0,1 - 10^{-4}) \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ^[1].

Sebelum ini kami telah melakukan penelitian tentang konduktivitas elektrolit padat $(\text{Cu})_x(\beta\text{-Al}_2\text{O}_3)_{1-x}$, hasilnya menunjukkan konduktivitas $(4,5-9,7) \times 10^{-5} \text{ S/cm}$ pada frekuensi $(0,1-100) \text{ Hz}$, sedangkan pada frekuensi $(0,2-100) \text{ kHz}$ adalah $(4-10) \times 10^{-5} \text{ S/cm}$ ^[2].

Penelitian lain yang telah kami lakukan yaitu tentang pengaruh suhu terhadap konduktivitas elektrolit padat $(\text{Cu})_{0,5}(\beta\text{-Al}_2\text{O}_3)_{0,5}$, dengan nilai konduktivitas $1,48 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$ pada suhu ruang dan $8,23 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$ pada suhu 300°C ^[3].

Pada penelitian ini akan dilanjutkan pembuatan suatu campuran antara Lil dan $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ dengan formula $(\text{Lil})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$, dilakukan perlakuan iradiasi- γ dengan variasi dosis iradiasi. Komposit $(\text{Lil})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ merupakan subbagian dari penelitian *Block Grand* tahun 2009 menggunakan bahan lithium-halida (LiBr, Lil dan LiCl) yang dapat menghasilkan konduktivitas ionik tinggi sampai orde 10^{-3} S/cm setelah diiradiasi sinar- γ .

Dengan teknologi iradiasi sinar- γ untuk mengetahui konduktivitas sebelum dan sesudah radiasi terhadap bahan komponen elektronik diantaranya bahan konduktor ionik. Penerapan alat LCR-meter dapat digunakan untuk mengukur konduktivitas bahan bakar reaktor dan kelongsong sebelum dan sesudah radiasi. Bahan komposit konduktor ini suatu saat dapat dipakai sebagai bahan bakar reaktor dengan mengetahui sifat fisis lebih lanjut.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini untuk mendapatkan bahan konduktor ionik yang baik sifat fisis setelah pengaruh iradiasi sinar- γ .

PERCOBAAN

Dalam penelitian ini dilakukan tiga jenis kegiatan sebagai berikut:

1. Pembuatan komposit berbasis silika $(\text{Lil})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$, dengan campuran serbuk Lil dan $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ dibuat pelet dengan tekanan 5000 psi, dilanjutkan iradiasi- γ dengan dosis 100 kGy, 200 kGy, 300 kGy dan 400 kGy.
2. Penentuan struktur kristal komposit $(\text{Lil})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ dengan difraksi sinar-x. Kondisi percobaan sebagai berikut : panjang gelombang $\text{K}\alpha\text{Cu} = 1,542 \text{ \AA}$, tegangan 30 kV dan dengan arus = 30 mA.
3. Pengukuran konduktivitas komposit $(\text{Lil})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ hasil iradiasi dilakukan dengan alat LCR-meter, pada frekuensi 0,1 Hz sampai 100 kHz .

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Difraksi sinar-x

Pola difraksi sinar-x konduktor padat Lil, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ dan komposit $(\text{Lil})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ sebelum dilakukan

iradiasi- γ ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2. Gambar 3 merupakan pola difraksi sinar-x setelah di iradiasi dengan dosis radiasi- γ berturut-turut 100 kGy, 200 kGy, 300 kGy dan 400 kGy.

Pola difraksi Lil dan $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ hasil percobaan terlihat pada Gambar 1 dan data ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Dari pola difraksi pada Tabel 1 dan 2, ditunjukkan bahwa Lil dan $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ berbentuk kristal.

Tabel 1. Pola difraksi Lil

Puncak	2 θ	Puncak	2 θ
1	25,92	7	48,76
2	33,10	8	52,68
3	35,10	9	54,46
4	38,26	10	57,16
5	40,12	11	58,66
6	42,30		

Tabel 2. Pola difraksi $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$

Puncak	2 θ	Puncak	2 θ
1	26,76	3	34,90
2	28,44	4	45,76

Gambar 2, menunjukkan `pola difraksi komposit $(LiI)_{0,5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0,5}$ sebelum diiradiasi- γ . Sedangkan Gambar 3, pola difraksi setelah diiradiasi- γ . Hasil percobaan sebelum dan sesudah iradiasi- γ ditunjukkan pada Tabel 3 dan 4.

Dari Tabel 3 dan 4, menunjukkan puncak-puncak difraksi pada komposit $(LiI)_{0,5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0,5}$ sebelum dan setelah di iradiasi, puncak yang nampak adalah puncak Lil dan $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$.

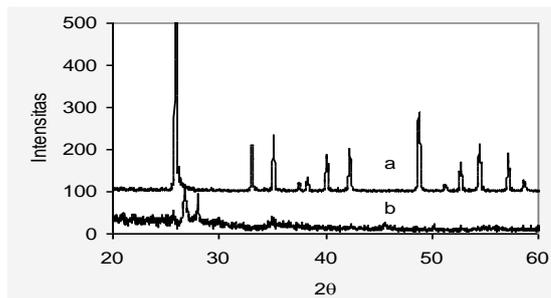
Tabel 3. Pola difraksi $(LiI)_{0,5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0,5}$ sebelum iradiasi- γ .

Puncak	2 θ	keterangan
1	25,61	Lil
2	26,97	Al silika
3	34,80	Lil
4	45,64	Al silika
5	48,50	Lil
6	54,17	Lil

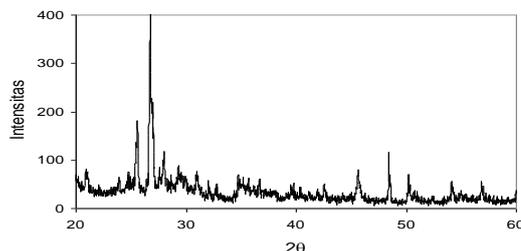
Tabel 4. Pola difraksi $(LiI)_{0,5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0,5}$ sesudah iradiasi- γ .

Puncak	2 θ	keterangan
1	25,26	Lil
2	26,76	Al silika
3	34,80	Lil
4	45,36	Al silika
5	48,42	Lil

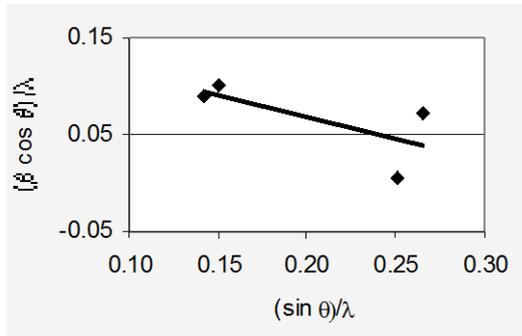
Pengaruh radiasi- γ pada komposit $(LiI)_{0,5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0,5}$ menurunkan intensitas difraksi. Penurunan intensitas pada bahan komposit ini terjadi interaksi yang melemahkan antara bahan komposit dengan dosis radiasi. Hal ini juga nampak pada konduktivitas ionik pada bahan komposit yang menurun. Menurut S. Chandra, peningkatan konduktivitas ionik terjadi bila terjadi cacat Shockly atau Frenkel [1].



Gambar 1. Difraksi (a) Lil (b) $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$



Gambar 2. Difraksi $(LiI)_{0,5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0,5}$ sebelum iradiasi



Gambar 4. Hubungan kurva $(\beta \cdot \cos \theta)/\lambda$ terhadap $(\sin \theta)/\lambda$ pada bahan komposit $(LiI)_{0.5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0.5}$

Gambar 3 dilakukan analisis untuk menentukan sudut difraksi dan lebar setengah puncak dari dosis yang berbeda.

Dari Gambar 4, dihitung regangan kisi komposit padat $(LiI)_{0.5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0.5}$ dengan mempergunakan persamaan pada acuan^[4,5], yaitu:

$$(\beta \cos \theta) / \lambda = 0,9/D + (2 \eta \sin \theta) / \lambda \quad (1)$$

dimana: β adalah lebar setengah puncak difraksi (FWHM), θ adalah sudut Bragg, λ adalah panjang gelombang sinar-x, D adalah ukuran kristal dan η adalah regangan.

Dengan dibuat kurva antara $(\beta \cdot \cos \theta)/\lambda$ terhadap $(\sin \theta)/\lambda$ ditunjukkan pada Gambar 4, dapat dihitung regangan kisi kristal komposit konduktor $(LiI)_{0.5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0.5}$ dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Regangan kisi kristal komposit $(LiI)_{0.5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0.5}$

Dosis (kGy)	Regangan (%)
100	9,50
200	8,01
300	1,89
400	1,32

Regangan kisi pada komposit $(LiI)_{0.5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0.5}$ menurun seiring dengan naiknya dosis radiasi. Penurunan regangan ini, diikuti dengan penurunan konduktivitas.

Penurunan konduktivitas berarti pada komposit tersebut gerakan ion-ion agak terhambat.

2. Konduktivitas ionik

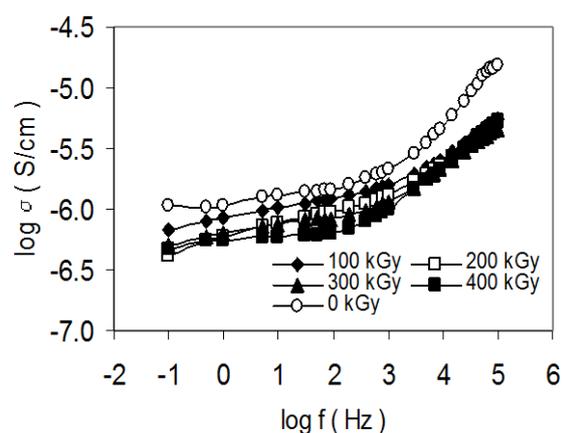
Pengukuran konduktivitas komposit $(LiI)_{0.5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0.5}$ dengan variasi frekuensi antara 0,1 Hz - 100 kHz ditunjukkan pada Gambar 5.

Kurva konduktivitas komposit $(LiI)_{0.5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0.5}$ sebelum dan sesudah iradiasi- γ dengan laju dosis 100, 300 dan 400 kGy, ditunjukkan pada Gambar 5.

Selanjutnya untuk menganalisis konduktivitas komposit ionik $(LiI)_{0.5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0.5}$ dengan menerapkan model $\sigma = \sigma_0 f^s$ yang dilakukan oleh W.K.Lee dkk [6], dimana σ adalah konduktivitas dan s adalah faktor eksponent power ($0 < s < 1$). Persamaan $\sigma = \sigma_0 f^s$ diubah menjadi bentuk logaritma yaitu :

$$\log \sigma = \log \sigma_0 + s \log f \quad (2)$$

Dengan dibuat kurva antara $\log \sigma$ terhadap $\log f$, didapat nilai konduktivitas σ_0 . Hasil perhitungan nilai konduktivitas komposit $(LiI)_{0.5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0.5}$ diperlihatkan pada Tabel 6.



Gambar 5. Konduktivitas komposit $(LiI)_{0.5}(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2)_{0.5}$ setelah iradiasi

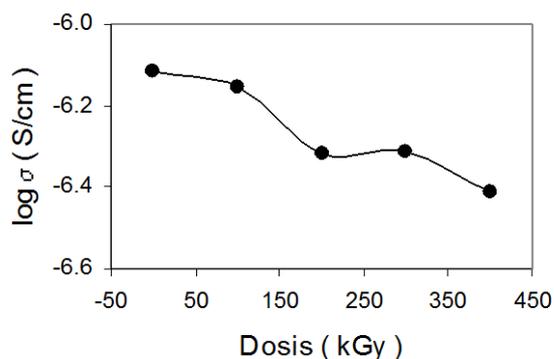
Tabel 6. Konduktivitas komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ setelah iradiasi

Dosis (kGy)	Konduktivitas σ_0 (S/cm)
0	$7,65 \times 10^{-7}$
100	$7,00 \times 10^{-7}$
200	$4,80 \times 10^{-7}$
300	$4,88 \times 10^{-7}$
400	$3,86 \times 10^{-7}$

Nilai konduktivitas komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ tanpa iradiasi adalah $7,65 \times 10^{-7}$ S/cm. Sedangkan nilai konduktivitas komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ setelah iradiasi menurun seiring dengan naiknya dosis iradiasi. Penurunan konduktivitas komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ tidak terjadi cacat Frenkel atau schotky, dimana kedua jenis cacat itu merupakan cacat intertisi atau substitusi yang dapat meningkatkan konduktivitas ionik pada komposit [1]. Hal ini juga ditunjukkan pada pola difraksi sinar-x pada komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ tidak nampak perubahan pada struktur, tapi intensitas menurun.

3. Dosis radiasi terhadap konduktivitas ionik

Dengan membuat kurva antara dosis radiasi terhadap konduktivitas, diperoleh kemiringan garis yang merupakan ketahanan komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ terhadap dosis radiasi.



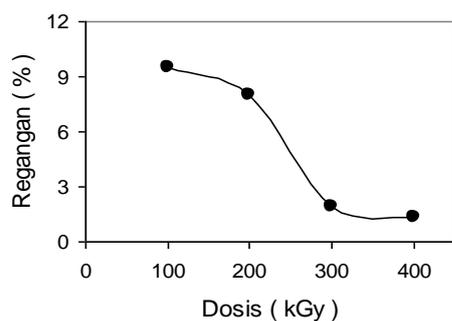
Gambar 6. Hubungan antara dosis radiasi terhadap konduktivitas pada komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$.

Dari Gambar 6, menunjukkan konduktivitas pada komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ menurun seiring dengan naiknya dosis radiasi gamma. Penurunan konduktivitas pada komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ dikarenakan adanya cacat kisi dan disertai penurunan regangan kisi akibat pengaruh radiasi gamma.

4. Dosis radiasi terhadap regangan konduktor ionik.

Dengan dibuat kurva antara dosis radiasi terhadap regangan, pada Gambar 7, menunjukkan regangan kisi kristal pada komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ menurun seiring dengan naiknya dosis radiasi.

Dari Gambar 6 dan 7, dari hasil analisa terlihat bahwa dosis radiasi tidak dapat meningkatkan konduktivitas komposit tersebut. Dari pustaka, diketahui bahwa dosis radiasi dapat meningkatkan konduktivitas pada komposit $(\text{LiCl})_x(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{1-x}$ [7]. Perbedaan konduktivitas pada $(\text{LiCl})_x(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{1-x}$ lebih tinggi daripada $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$, karena pada bahan $(\text{LiCl})_x(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{1-x}$ dipanaskan dahulu sampai suhu 600°C , sedangkan pada komposit $(\text{LiI})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)_{0,5}$ tanpa pemanasan. Dengan pemanasan tidak semua bahan komposit dapat meningkat konduktivitas dan tergantung pada sifat fisis bahan komposit. Menurut S. Chandra dan L. Laskar [1], pemanasan dapat meningkatkan konduktivitas sampai suhu tertentu dan turun pada suhu transisi.



Gambar 7. Hubungan antara dosis radiasi terhadap regangan kisi pada bahan komposit $(\text{LiI})_{0.5}(\text{Al}_2\text{O}_3.4\text{SiO}_2)_{0.5}$

SIMPULAN

Komposit $(\text{LiI})_{0.5}(\text{Al}_2\text{O}_3.4\text{SiO}_2)_{0.5}$ telah dibuat dengan pencampuran antara LiI dan $\text{Al}_2\text{O}_3.4\text{SiO}_2$. Struktur yang tampak pada komposit $(\text{LiI})_{0.5}(\text{Al}_2\text{O}_3.4\text{SiO}_2)_{0.5}$ adalah LiI dan $\text{Al}_2\text{O}_3.4\text{SiO}_2$. Konduktivitas komposit $(\text{LiI})_{0.5}(\text{Al}_2\text{O}_3.4\text{SiO}_2)_{0.5}$ dan regangan kisi kristal menurun seiring dengan naiknya dosis radiasi gamma.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada penelitian ini merupakan sub-bagian dari *block grand* tahun anggaran 2009 dengan judul penelitian "Peningkatan Konduktivitas Ionik Padat Komposit LiX (X = I,

Br dan Cl)-Aluminium Silikat Dengan Teknik Iradiasi Gamma".

DAFTAR PUSTAKA

1. S. CHANDRA and A. LASKAR, " *Superionic Solid and Slid Electrolyte*", *principle and Applications*, Academic Press, New York, (1990), 17-28.
2. P. PURWANTO, E. KARTINI dan SAFEI PURNAMA, " *Jurnal .Sains Materi*" *Ind.5* (2004),14-18.
3. P. PURWANTO, E. KARTINI DAN SAFEI PURNAMA, *Jurnal .Sains Materi Ind.6*, (2004), 40-44.
4. H.P. KLUG and L.E. ALEXANDER, "X-Ray Diffraction Procedures", John Wiley & Son inc, London, (1962), Chapter 9, 642-652.
5. S. PURNAMA, E. KARTINI, P.PURWANTO, M.SILALAH I dan A. SITOMPUL, " *Prosiding Nasional Hamburan Neutron dan Sinar-x ke-5*", Serpong, (2003) 121-126.
6. W.K. LEE, J.F LIU and A.S NOWICK, *Physc.Rev.Lett.67*, (1991), 1559-1561.
7. S. PURNAMA, P. PURWANTO dan D. S. WINATAPURA, " *Prosiding Seminar Mikroskopi Elektron*", Bali tgl 3-5 Desember 2009.