Prosiding Semirata2015 bidang MIPA BKS-PTN Barat
Universitas Tanjungpura Pontianak
Hal 25 - 33

PENGARUH IRADIASI GAMMA TERHADAP SIFAT LISTRIK FILM TIPIS GRAFIT

EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON THE ELECTRIC PROPERTIES OF GRAPHITE THIN FILM

Astuti[1], Yunasfi[2], Putri Pratiwi[1]
[1] Jurusan Fisika Universitas Andalas.
[2]PTBIN-BATAN
Kampus Unand Limau Manis. Padang. 25163
e-mail: tuty_phys@yahoo.com

ABSTRACT

This research represents effect of gamma irradiation on the electric properties of graphite thin film. Graphite thin films were deposited by using DC-Unbalanced Magnetron Sputtering at four different doses: 100 kGy, 200 kGy, 300 kGy and 400 kGy. SEM images show good structural homogeneity and thickness is about 12.08 µm. Measurement of the electrical properties were done by using the LCR - meter, with various of doses gamma irradiation. The highest conductivity is obtained by the irradiation dose of 400 kGy is 0.6372 µS / cm. The conductivity of a thin film of graphite increases with increasing of radiation dose.

Keywords: DC-*Unbalanced Magnetron Sputtering,* graphite, thin film, Gamma radiation

ABSTRAK

Penelitian ini mengenai pengaruh iradasi Gamma terhadap sifat listrik film tipis grafit. Film tipis grafit dideposisi dengan menggunakan metode DC-*Unbalanced Magnetron Sputtering.* SEM digunakan untuk melihat morfologi permukaan dan ketebalan sampel. Lapisan tipis grafit diperoleh dengan permukaan yang homogen dengan ketebalan 12,08 µm. Pengukuran sifat listrik dilakukan dengan menggunakan LCR-meter, dengan variasi dosis radiasi dari sinar Gamma. Konduktivitas tertinggi diperoleh dengan pemberian dosis radiasi sebanyak 400 kGy, yaitu 0,6372 µS/cm. Konduktivitas lapisan tipis grafit meningkat seiring dengan meningkatnya dosis radiasi yang diberikan.

Katakunci: DC-*Unbalanced Magnetron Sputtering*: grafit, lapisan tipis, radiasi Gamma

1. PENDAHULUAN

Karbon sebagai salah satu unsur yang paling banyak ditemukan di kerak bumi dapat ditemukan secara bebas dalam bentuk kristal dengan struktur berbeda-beda yang dikenal sebagai alotrop karbon. Salah satu dari alotrop karbon yang dapat digolongkan ke dalam kelompok keramik tahan panas karena kekuatannya pada temperatur tinggi (Smallman dan Bishop, 2000) dan mempunyai konduktivitas listrik dan konduktivitas termal yang baik dalam dua dimensi (Lawrence, 2004) adalah grafit. Kelebihan tersebut membuat grafit dianggap sebagai salah satu material dengan fitur yang menarik untuk digunakan dalam bidang elektronik.

Potensi penggunaan alotrop-alotrop karbon termasuk grafit dalam bidang elektronik telah dipelajari semenjak lebih dari 50 tahun yang lalu. Grafit yang diiradiasi dengan radiasi pengion (radiasi dengan energi tinggi) menyebabkan terjadinya cacat pada strukturnya. Cacat dihasilkan dari pergeseran atom akibat dari interaksi radiasi pengion dengan bahan tersebut. Cacat atau kerusakan pada material berbasis karbon ini akan mempengaruhi sifat elektroniknya (Cervenka dan Flipse, 2007).

Pada penelitian ini ditumbuhkan lapisan tipis grafit dengan menggunakan metode DC-Unbalanced Magnetron Sputtering. Selanjutnya diradiasi dengan sinar Gamma dengan dosis yang berbeda. Kenaikan dosis radiasi sinar Gamma dapat menurunkan nilai resistivitas, karena adanya peningkatan temperatur disepanjang lintasan elektron (Fadel dkk, 1986). Selain itu peningkatan dosis radiasi juga dapat menurunkan puncak intensitas difraksi, peningkatan sudut difraksi, dan penurunan luasan garis difraksi. Hal ini menunjukkan terbentukna cacat, dan perubahan bidang kisi sehingga menyebabkan pergeseran garis difraksi. Akan tetapi sampai dosis 250 kGy belum menunjukkan perubahan fasa dan struktur grafit (Yunasfi, 2008). Sedangkan sifat listrik grafit akibat pemberian variasi dosis radiasi Gamma akan dibahas dalam artikel ini.

2. METODE PENELITIAN

Serbuk grafit dengan kemurnian 99,5% dan diameter 10µm ditimbang sebanyak 5 gram. Serbuk grafit yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam cetakan yang terbuat dari *stainless steel* dan dipres dengan menggunakan pres hidrolik (Daiwa Universal Testing Machine, Japan), dengan daya tekan 7,5 ton. Pemberian tekanan tersebut dimaksudkan untuk menghasilkan pelet yang keras dan tidak mudah pecah Pelet yang dihasilkan memiliki diameter 25,90 mm dan tebal 5,44 mm. .

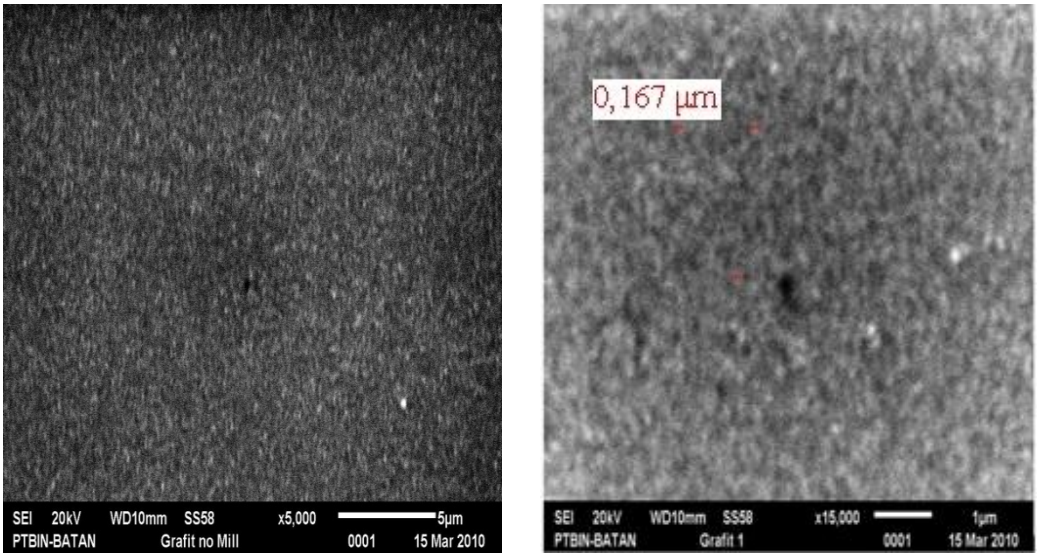
Lapisan tipis grafit dideposisi dengan metode *DC-Unbalanced Magnetron Sputtering.* Substrat ditempelkan pada anoda dengan menggunakan pasta perak, anoda dipanaskan sampai suhu 150°C agar pasta perak kering sehingga substrat menempel

(melekat) pada wadah substrat. Proses pengoperasian diawali dengan menjalankan pompa vakum. Pompa vakum diset pada tekanan 5,2 x 10^{-2} torr. *Heater* dipanaskan dan suhu diset pada 300°C. Setelah kevakuman dan suhu deposisi tercapai, gas argon dialirkan melalui *MFC* yang telah diset pada laju 100 sccm (*standard centimeter cubic per minute)*. Lapisan tipis yang terbentuk diiradiasi dengan sinar gamma dengan memvariasikan dosis yaitu 100 kGy, 200 kGy, 300 kGy dan 400 kGy. Pengaruh sinar gamma terhadap sifat listrik lapisan tipis Grafit akan dilihat dengan menggunakan LCR-Meter. Karakterisasi yang dilakukan diantaranya dengan menggunakan SEM untuk melihat morfologi permukaan dan mengukur ketebalan lapisan tipis grafit, dan dengan menggunakan LCR-Meter untuk melihat sifat listriknya yaitu konduktivitas dan kapasitansi sebagai fungsi dari frekuensi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisis Morfologi Permukaan dan Ketebalan dengan SEM

Karakterisasi morfologi permukaan dan ketebalan dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil SEM dengan perbesaran 5.000x dan 15.000x menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis grafit mempunyai permukaan yang halus dan homogen, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1 (a) dan (b).



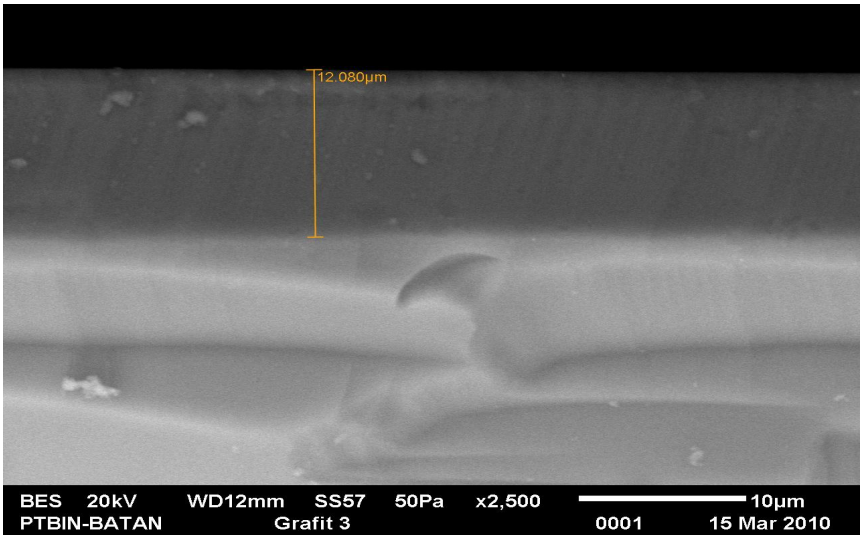
(a) (b)

Gambar 1. Citra SEM (a) dengan perbesaran 5.000x, (b) dengan perbesaran 15.000x.

Permukaaan lapisan tipis yang halus dan homogen menunjukkan bahwa nukleasi antar atom yang terabsorbsi pada permukaan substrat sangat lambat dengan ditandai dengan pembentukkan butir kristal yang lembut dan rata. Pada tahap nukleasi, atom

berinteraksi antara satu dengan yang lainnya membentuk kelompok (*cluster*) yang lebih besar sampai stabil secara termodinamika. *Cluster* atau yang lebih dikenal dengan sebutan inti (*nuclei*) ini tumbuh dengan jumlah dan ukuran tertentu, tergantung pada beberapa parameter, salah satunya laju difusi permukaan. Difusi permukaan memungkinkan spesies terabsorbsi menemukan spesies terabsorsi lainya untuk berinteraksi membentuk ikatan. Lapisan tipis grafit ini ditumbuhkan dengan parameter suhu substrat sebesar 300°C. Suhu substrat yang rendah ini menyebabkan laju difusi permukaannya cukup lambat, sehingga sebuah spesies terabsorbsi membutuhkan waktu lama untuk menemukan spesies terabsorbsi lainya untuk selanjutnya berinteraksi membentuk inti. Lambatnya proses nukleasi ini mengakibatkan ukuran butir cukup kecil, yaitu sekitar 0,167 µm. Ukuran butir ini dapat diketahui melalui citra SEM morfologi permukaan lapisan tipis grafit dengan perbesaran 15.000x, seperti yang terlihat pada Gambar 1 (b).

Selain untuk melihat morfologi permukaan lapisan tipis, SEM juga dapat digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan tipis ini. Citra SEM yang memperlihatkan ketebalan lapisan tipis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penampang lintang lapisan tipis grafit dengan perbesaran 2.500x.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa hanya terdapat dua lapisan, warna yang lebih terang menunjukkan substrat silikon dan warna yang lebih gelap menunjukkan lapisan tipis yang terbentuk. Hal ini menegaskan bahwa proses pertumbuhan lapisan tipis dengan menggunakan metode ini merupakan pertumbuhan epitaksial, yaitu pertumbuhan ke arah atas saja, jadi atom-atom terdeposisi saling bertumpukan di atas permukaan subtrat selama proses deposisi terjadi, tidak menyisip ke dalam permukaan substrat (proses

difusi). Hadirnya dua lapisan ini menyatakan bahwa pertumbuhan difusi tidak terjadi di sini dan kalaupun terjadi, kemungkinannya sangat kecil dan sangat sedikit sehingga tidak terlihat pada percitraan SEM tersebut.

Berdasarkan hasil SEM dapat diukur ketebalan lapisan tipis tersebut yaitu 12,080 µm. Nilai ketebalan lapisan ini nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai konduktivitas lapisan tipis tersebut.

2. Hasil Analisis Sifat Listrik dengan LCR-meter

Sifat listrik lapisan tipis grafit diukur dengan alat LCR meter dengan parameter frekuensi pengukuran 1 kHz, 10 kHz, dan 100 kHz, dengan dosis radiasi 100 kGy, 200 kGy, 300 kGy, dan 400 kGy, pada tegangan potensial 1 Volt serta pada suhu ruang. Dari alat ukur ini diperoleh nilai konduktansi dan kapasitansi lapisan tipis terhadap perubahan parameter frekuensi dan dosis radiasi. Nilai konduktansi untuk variasi dosis radiasi pada berbagai frekuensi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran konduktansi lapisan tipis pada berbagai frekuensi dan dosis radiasi.

Frekuensi	sebelum diiradiasi	Setelah diiradiasi dengan Dosis			
		100 (kGy)	200 (kGy)	300 (kGy)	400 (kGy)
	G (µS)	G (µS)	G (µS)	G (µS)	G (µS)
1 kHz	7,3696	8,8992	12,369	13,347	13,347
10 kHz	7,8564	10,283	13,918	14,954	14,954
100 kHz	8,2651	11,626	15,363	16,493	16,493

Berdasarkan Tabel 1, maka dapat dihitung nilai konduktivitas untuk setiap variasi dosis radiasi dari lapisan tipis tersebut, dengan menggunakan Persamaan (1),

$$\sigma = G\frac{l}{A} \qquad (1)$$

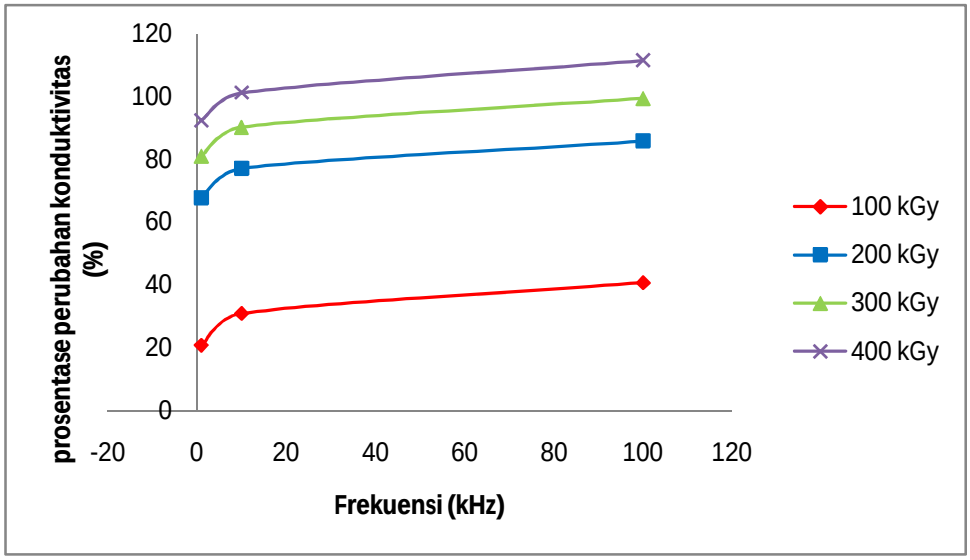
dengan satuan σ adalah (S/m), G adalah nilai konduktansi, l = 12,08 x 10^{-3} cm, dan A = 105,6 x 10^{-6} cm^2 . Sehingga, nilai konduktivitas untuk setiap dosis radiasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan konduktivitas lapisan tipis pada berbagai frekuensi dan berbagai dosis radiasi.

Frekuensi	Sebelum diiradiasi	Setelah diiradiasi dengan Dosis			
		100 (kGy)	200 (kGy)	300 (kGy)	400 (kGy)
	σ (μS/cm)	σ (μS/cm)	σ (μS/cm)	σ (μS/cm)	σ (μS/cm)
1 kHz	0,2684	0,3241	0,4505	0,4861	0,5164
10 kHz	0,2861	0,3745	0,5069	0,5446	0,5760
100 kHz	0,3010	0,4234	0,5595	0,6007	0,6372

Hubungan antara Frekuensi dengan Konduktivitas

Untuk lebih memudahkan dalam mengevaluasi perubahan nilai konduktivitas terhadap perubahan nilai frekuensi, dari Tabel 2 akan dicari prosentase perubahan nilai konduktivitas terhadap nilai frekuensi pada berbagai dosis radiasi. Hasilnya kemudian diplot ke dalam grafik yang diperlihatkan pada Gambar 3.

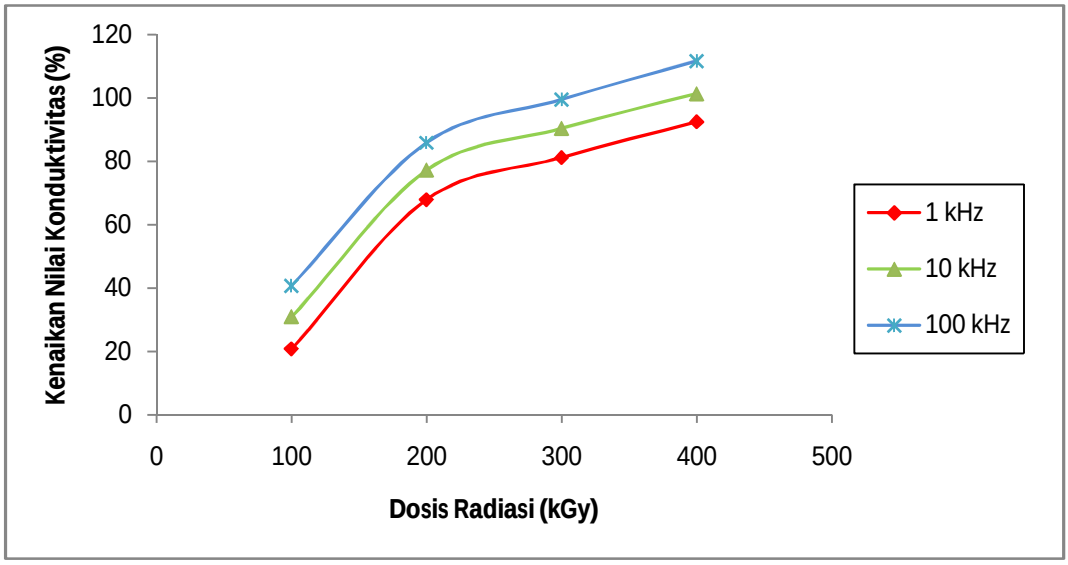


Gambar 3. Peningkatan nilai konduktivitas lapisan tipis grafit oleh frekuensi (1kHz, 10 kHz, dan 100kHz) pada berbagai iradiasi sinar-γ (dosis 100 kGy, 200 kGy, 300 kGy, dan 400 kGy).

Nilai konduktivitas ini mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan nilai frekuensi pengukuran seperti yang terlihat pada Gambar 3. Hal ini menunjukkan bahwa nilai konduktivitas lapisan tipis grafit yang ditumbuhkan meningkat seiring dengan peningkatan nilai frekuensi, tetapi besar peningkatan nilai konduktivitas ini tidak terlalu signifikan, yaitu pada kisaran dibawah 7%. Peningkatan nilai ini masih dalam batas toleransi yaitu ± 10 %,

Hubungan antara Dosis Radiasi dengan Konduktivitas

Untuk lebih memudahkan dalam mengevaluasi perubahan nilai konduktivitas terhadap perubahan dosis radiasi, dari Tabel 2 akan dicari prosentase perubahan nilai konduktivitas terhadap dosis radiasi dan hasilnya diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peningkatan nilai konduktivitas lapisan tipis grafit oleh iradiasi sinar-γ (dosis 100 kGy, 200 kGy, 300 kGy, dan 400 kGy) pada berbagai frekuensi (1kHz, 10 kHz, dan 100kHz)

Berdasarkan Gambar 4, peningkatan dosis radiasi menyebabkan kenaikan nilai konduktivitas. Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi yang dilakukan terhadap lapisan tipis grafit menyebabkan terbentuknya cacat dalam struktur bahan grafit akibat interaksi antara radiasi sinar-γ dengan lapisan tipis grafit tersebut. Pemaparan radiasi pada lapisan tipis grafit meningkatkan nilai konduktivitas seiring dengan bertambahnya dosis radiasi sinar-γ. Hal ini disebabkan oleh interaksi antara radiasi sinar-γ dengan lapisan tipis grafit yang menyebabkan terjadinya pergeseran atom sehingga menimbulkan cacat dalam struktur bahan grafit ini.

Umumnya, radiasi inti berenergi tinggi yang berinteraksi dengan materi melalui dua mekanisme, yaitu tumbukkan atom (*atomic collision*) dan ionisasi elektron (*electron ionization*). Tumbukkan terjadi antara partikel berenergi tinggi dengan atom kristal dan

recoil atom dengan atom-atom lain dalam materi tersebut. Mekanisme ini menghasilkan perpindahan atom jika atom menerima energi yang cukup untuk berpindah dari posisi setimbangnya dalam kisi kristal. Ketidakteraturan akibat perpindahan atom ini menyebabkan pembentukan cacat yang sederhana seperti pasangan vakasi dan interstisi, bahkan cacat yang lebih kompleks, yang lebih dikenal dengan *cluster*, yaitu daerah terisolasi dalam struktur kisi yang berisi sejumlah besar atom yang berpindah dari posisi awalnya, sehingga strukturnya jauh berbeda dari struktur sebelumnya. Cacat yang terbentuk akibat interaksi sinar-γ dengan materi tersebut mempengaruhi sifat listrik dari lapisan tipis grafit yaitu nilai konduktivitas dan. Hal ini terjadi karena cacat pada struktur bahan tersebut mempermudah gerak elektron karena proses tumbukan elektron dengan atom-atom dalam bahan berkurang sehingga lintasannya menjadi lebih pendek

4. KESIMPULAN

Penumbuhan lapisan tipis grafit yang ditumbuhkan diatas substrat Silikon (100) dengan menggunakan metode DC-*Unbalanced Magnetron Sputtering,* menghasilkan lapisan tipis dengan permukaan yang halus dan homogen dengan ketebalan 12,08 μm. Hasil pengukuran sifat listrik dengan menggunakan alat ukur LCR-meter menunjukkan nilai konduktivitas lapisan tipis grafit meningkat seiring dengan meningkatnya nilai frekuensi, dan dosis radiasi yang diberikan.

PUSTAKA

[1]. Smallman, R.E., dan Bishop, R. J., Metalurgi Fisika Modern, edisi ke-6. [S. Djafrie, trans]. Erlangga. Jakarta. 2000.

[2]. Doughlas. H. Walden. Lawrence. T.D. The Effect of Oxygen Plasma Treatmen on The SSurface Energy of Exfolited Graphite and The Mechanical Properties of Graphite Nanocomposite. J. Heat Transfer. 2004. (61-70)

[3]. Cervenka, J and Flips, C. F. J.,2007, The role of Defects on the Elekctonic Structure of a Graphite Surface, J. of Physics. IOP Publishing. 2007. 61(1): 190.

[4]. Fadel, M.A. Effect of Gamma Radiation on The Electrical Properties of Carbon Black-Loaded Unvulcanized Styrene-Butadiene Rubber for Application to Radiation Dosimetry. Arabian J for Science and Engineering. 1986.

[5]. Yunasfi, S. Mustafa, dan T. Madesa. Analisa Cacat Struktur Grafit oleh Iradiasi Sinar Gamma. J. Sains Materi Indonesia. 2008. 11 (3).