

## OPTIMASI KONDISI ETSA UNTUK DETEKTOR JEJAK NUKLIR CR-39

M. Thoyib Thamrin, Bunawas dan Abubakar Ramin

Pusat Standarisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi - Badan Tenaga Atom Nasional

### ABSTRAK

OPTIMASI KONDISI ETSA UNTUK DETEKTOR JEJAK NUKLIR CR-39. Telah dilakukan studi etsa kimia terhadap detektor CR-39 yang disinari partikel  $\alpha$  dari Am-241. Beberapa parameter etsa seperti laju etsa bahan ( $V_B$ ), laju etsa jejak ( $V_T$ ) dari energi aktivasi ( $Q$ ) ditentukan dengan cara memvariasi kondisi etsa seperti larutan etsa NaOH, suhu etsa dan waktu etsa. Berdasarkan hasil eksperimen kondisi etsa yang optimal yaitu 6N NaOH pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 6,5 jam dengan ratio etsa ( $V_T/V_B$ ) = 2,37 dan energi aktivasi sebesar 0.778 eV.

### ABSTRACT

OPTIMIZATION OF ETCHING CONDITION OF CR-39 NUCLEAR TRACK DETECTOR. Study of chemical etching of CR-39 detector was carried out by using  $\alpha$  particles of Am-241. Several parameter such as bulk etch rate ( $V_B$ ), track etch rate ( $V_T$ ), and activation energy ( $Q$ ) were determined by varying etching condition which included etching solution (NaOH), etching temperature and etching time. Based on experiment results optimum etching was 6N NaOH at  $60^\circ\text{C}$  for 6,5 hours with etching ratio ( $V_T/V_B$ ) of 2,37 and activation energy of 0,778 eV.

### PENDAHULUAN

Dalam dua dasawarsa terakhir ini, aplikasi detektor jejak nuklir kelompok polimer seperti polikarbonat (Lexan, Makrofol-E dan Kimfol), selulosa nitrat (LR-115, CN-85 dan CA-80-15) serta poli(allyl diglicol) karbonat (CR-39) telah merambah ke berbagai disiplin ilmu seperti Astrofisika, Geologi, Biologi, Arkeologi dan Proteksi Radiasi (1).

Mengingat detektor jejak nuklir sangat peka terhadap radiasi pengion, maka detektor tersebut dapat dimanfaatkan sebagai dosimeter baik untuk memonitor radiasi  $\alpha$  maupun neutron. Sebelum detektor jejak nuklir digunakan untuk dosimeter maka langkah pertama yang harus dilakukan yaitu melakukan optimasi etsa.

Dalam penelitian ini, dilakukan optimasi etsa kimia untuk detektor CR-39 yang telah diradiasi  $\alpha$  dan penentuan energi aktivasi ( $Q$ ).

### BAHAN DAN PERALATAN

- Detektor jejak nuklir CR-39 buatan Pershoe-Moulding, Ltd, Inggris.
- Sumber radiasi  $\alpha$  dari Am-241 dengan aktivitas 1465,46 Bq
- Larutan etsa NaOH kualitas pro analisis
- Water bath merek Memmert, Jerman
- Mikroskop optik Ophipot merk Nikon, Jepang

- Mikrometer 0-200  $\mu\text{m}$ , merk Seiku-sho Ltd, Jepang
- Tempat etsa

### TATA KERJA

#### Optimasi etsa

Detektor CR-39 yang telah disinari partikel  $\alpha$  dietsa pada beberapa kondisi etsa dengan menggunakan NaOH dari 3N-8N pada suhu etsa  $40-80^\circ\text{C}$  dengan variasi waktu etsa dari 3-8 jam. Kemudian ditentukan laju etsa bahan ( $V_B$ ) dan laju etsa jejak ( $V_T$ ) untuk berbagai kondisi etsa. Laju etsa bahan ( $V_B$ ), ditentukan menggunakan metode "selisih tebal detektor" dengan persamaan :

$$V_B = \frac{Xa - Xb}{2 \cdot t} \mu\text{m/jam} \quad (1)$$

$Xa$  = tebal detektor sebelum dietsa ( $\mu\text{m}$ )

$Xb$  = tebal detektor setelah dietsa ( $\mu\text{m}$ )

$t$  = lama etsa (jam)

Sedangkan laju etsa jejak ( $V_T$ ), ditentukan berdasarkan hasil pengukuran diameter jejak dengan asumsi  $V_T$  konstan sepanjang lintasan jejak demikian pula  $V_B$ , menggunakan persamaan :

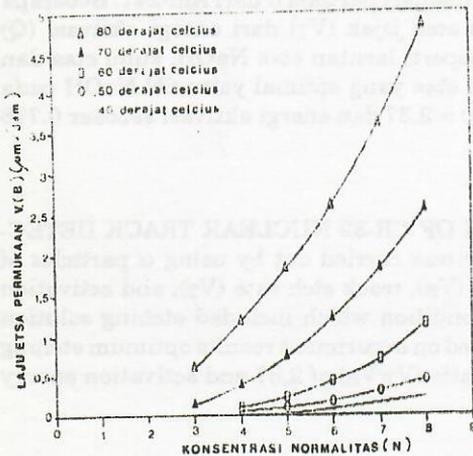
$$V_T = V_B \left[ \frac{1 + (D/2 V_B \cdot t)^2}{1 - (D/2 V_B \cdot t)^2} \right] \quad (2)$$

$D$  = diameter jejak laten ( $\mu\text{m}$ )  
 $V_B$  = laju etsa bahan ( $\mu\text{m}/\text{jam}$ )  
 $t$  = waktu etsa (jam)

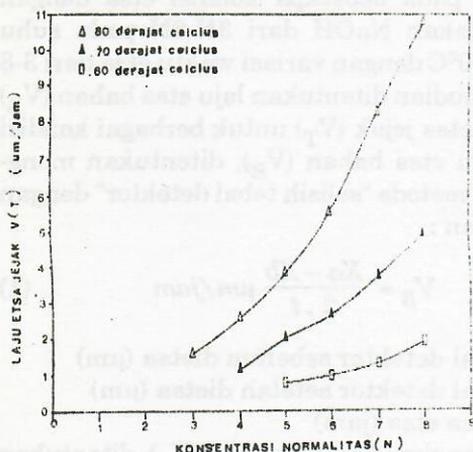
Perlu diketahui bahwa persamaan (2) dipakai, bila radiasi partikel  $\alpha$  yang datang tegak lurus dengan detektor CR-39.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengaruh kondisi etsa terhadap $V_B$ DAN $V_T$



Gambar 1. Laju etsa bahan ( $V_B$ ) sebagai fungsi dari konsentrasi NaOH, untuk beberapa temperatur etsa.



Gambar 2. Laju etsa jejak ( $V_T$ ) sebagai fungsi dari konsentrasi NaOH, untuk beberapa temperatur etsa.

Laju etsa bahan ( $V_B$ ) maupun laju etsa jejak ( $V_T$ ) sangat dipengaruhi oleh 2 parameter etsa yaitu suhu dan normalitas etsa. Pada Gambar 1 dan 2 terlihat bahwa kenaikan  $V_B$  dan  $V_T$  meningkat secara eksponensial. Hal ini dapat dimengerti karena bila konsentrasi makin pekat ataupun suhu makin tinggi mengakibatkan reaksi kimia semakin cepat.

#### Energi aktivasi ( $Q$ ) untuk CR-39

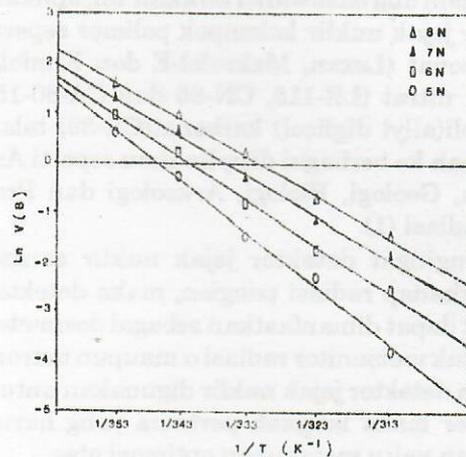
Pengaruh temperatur etsa terhadap laju etsa bahan ( $V_B$ ) maupun laju etsa jejak ( $V_T$ ) dapat diekspresikan dalam persamaan Arrhenius, (4) contoh untuk  $V_B$  :

$$V_B(N, T) = \alpha(N) \exp(-Qb/K \cdot T) \quad (3)$$

Dengan :

- $\alpha(N)$  = konstanta yang bergantung normalitas
- $K$  = konstanta Boltzman ( $8,617 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$ )
- $T$  = temperatur etsa

Jika digunakan data  $V_B$  untuk berbagai suhu dan normalitas larutan etsa, maka dapat ditentukan energi aktivasi ( $Q$ ) dengan menggunakan regresi linier, hasil lihat Gambar 3.



Gambar 3. Grafik  $\ln V_B$  terhadap  $1/T$  untuk beberapa normalitas NaOH

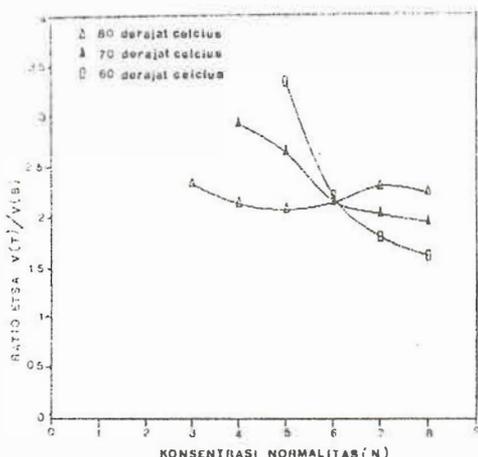
Berdasarkan Gambar 3, maka energi aktivasi ( $Q$ ) yang diperoleh cukup bervariasi dari 0,741- 0,825 eV dengan rata-rata sebesar 0,778 eV. Hasil penentuan energi aktivasi, ternyata tidak berbeda jauh dengan hasil perhitungan orang lain, untuk lebih jelasnya lihat Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Harga energi aktivasi (Q) untuk detektor CR-39 yang telah dihitung orang

Peneliti	Energi aktivasi untuk laju etsa bahan (eV)
Sing dkk. (2)	0,920
Green dkk. (3)	0,770
Charvat dan Spurny (4)	0,745
Beth M. dkk (5)	0,792
Fews dkk. (6)	0,786
Laporan ini	0,778

●Optimasi etsa untuk detektor CR-39

Dari data hasil perhitungan laju etsa bahan ( $V_B$ ) dan laju etsa jejak ( $V_T$ ) untuk berbagai suhu dan konsentrasi etsa, dapat dibuat ratio etsa ( $V_T/V_B$ ). Pada Gambar 4 diperlihatkan nilai ratio etsa tetap untuk larutan etsa 6N pada berbagai suhu etsa (40-80°).



Gambar 4. Ratio etsa ( $V_T/V_B$ ) terhadap konsentrasi etsa pada beberapa suhu etsa

Berdasarkan Gambar 4 dan evaluasi kualitas jejak, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi etsa yang optimum yaitu 6N NaOH pada

DAFTAR PUSTAKA

1. ILIC.R., The use of SSNTD in material science and technology, Nuclear Tracks Radiation Measurement 17 no 1 (1990) 7-9.
2. SINGH. J., SINGH. S. and VIRK. H. S., Etching studies of CR-39 plastic track recorder, Nuclear Track Radiation Measurements 15 (1980) 187-190.

60°C selama 6,5 jam. Pada kondisi etsa ini, nilai ratio etsa tidak dipengaruhi oleh perubahan suhu selama etsa berlangsung dan kualitas jejak sangat baik dan kontras serta kondisi permukaan detektor yang halus, sehingga memudahkan dalam menganalisis kualitas dan kuantitas jejak. Hasil optimasi etsa tidak berbeda jauh dengan optimasi orang lain (3,4,6).

Sudut kritis ( $\theta_C$ ) detektor CR-39

Sudut kritis pada detektor CR-39 yaitu sudut minimum dari partikel yang datang yang terdeteksi sebagai jejak laten pada detektor CR-39. Besar sudut kritis ditentukan dengan rumus empiris yaitu menggunakan persamaan (7):

$$\theta_C = \text{Sin}^{-1} (V_B/V_T)$$

Untuk ratio etsa ( $V_B/V_T$ ) sebesar 2,370 maka besarnya sudut kritis  $\theta_C = 25^\circ\text{C}$ . Penentuan sudut kritis ini penting sekali, bila kita akan merancang dosimeter radon pasif baik untuk monitor perorangan ataupun lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis hasil penelitian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Laju etsa bahan ( $V_B$ ) dan laju etsa jejak ( $V_T$ ) naik secara eksponensial terhadap konsentrasi dan suhu etsa.
2. Kondisi etsa yang optimum untuk detektor CR-39 yaitu 6N NaOH pada suhu 70°C dengan waktu etsa selama 6,5 jam.
3. Energi aktivasi (Q) untuk laju etsa bahan rata-rata sebesar 0,778 eV.
4. Besar sudut kritis yang dihitung secara teoritis adalah 25°.
5. Untuk menentukan laju etsa jejak ( $V_T$ ) secara langsung dari eksperimen dapat dicoba dengan menggunakan metode TPT(8).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Sdri. Suyati, Sdri. Helfi Yuliani, Sdri. Dyah Kusumawati (staf teknis laboratorium dosimetri PSPKR), atas segala bantuannya di laboratorium.

3. GREEN. P. F., RAMLI. A. G., HENSHAW-NAZHAL S. R., AL-NAJJAR DOI C. M., ABU-JARAH. F., BULL. R. K. and DURRAM. S. A., On the optimization of etching conditions for CR-39 and other plastic track detectors. Nuclear Track 3 (1982) 178-182.
4. CHARVAT. J. and SPURNY. F., Optimization of etching characteristics for cellulose nitrate and CR-39 track detectors. Nuclear Tracks Radiation Measurement 14 (1988) 447-449.
5. BETH.M., W. ENGE. and SERMUND. G., Some aspects on etching of CR-39 plastic detector. Nuclear Tracks 12 (1982) 517-529
6. FEWS. A. P., and HENSHAW. D. L., High resolution  $\alpha$  particle spectroscopy using CR-39 plastic track detectors, Nuclear Instruments And Methods, 197 (1982) 517-529.
7. KHAN. N. A., BRAND R., KHAN N. A., and JAMIL K., Critical angels of etching CR-39 Track detectors. International Journal Application Radiation and Isotopes 35 (1984) 111-116.
8. AL-WAJJAR S. A. R., and DURRANI S. A., Track profile Technique (TPT) and I ts Applications using CR-39. Nuclear Tracks and Radiation Measurements, 8 (1984) 45-56.

## DISKUSI

### Wisnu Susetyo:

1. Apakah detektor CR-39 ini dapat dipakai ulang ?
2. Mengingat jejak latar sudah  $>1100$  jejak/cm<sup>2</sup> apakah detektor ini mampu mendeteksi jumlah neutron yang rendah/kecil.

### M. Thoyib Thamrin:

1. Tidak; hanya dipakai 1 kali saja.
2. Tidak; di PSPKR saat ini ada detektor CR-39 yang lain dengan nama dagang "Baryo Track" dengan jejak latar antara 2-4 jejak/cm<sup>2</sup>. Ini nantinya digunakan untuk dosimeter neutron per-orangan.