

## KARAKTERISASI SISTEM PENCACAH DIFRAKTOMETER NEUTRON SERBUK RESOLUSI TINGGI (HRPD-DN3)

Herry Mugirahardjo, Andon Insani, Bharoto, Rifai Muslih, Edi Santoso

Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir-BATAN

mugirahardjo@gmail.com

### ABSTRAK

**KARAKTERISASI SISTEM PENCACAH DIFRAKTOMETER NEUTRON SERBUK RESOLUSI TINGGI (HRPD-DN3).** Telah dilakukan karakterisasi terhadap sistem pencacah HRPD yang meliputi modul pencacah, amplifier dan detektor. Pengujian pencacahan dilakukan dengan sumber AmBe (Americium Berilium), pulser, pengecekan tegangan kerja detektor utama, pengukuran efisiensi detektor dan pengukuran sampel standar. Karakterisasi dilakukan karena adanya penggantian modul pencacah HRPD yang rusak dengan modul pencacah TEDIA PCT-7424C. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa kinerja TEDIA PCT-7424C sistem pencacah cukup handal digunakan sebagai peralatan pencacah dengan kesalahan 0.64%. Secara umum hasil karakterisasi menunjukkan kinerja HRPD telah kembali seperti semula dan sudah dapat digunakan untuk pengukuran sampel.

Kata kunci : sistem pencacah, karakterisasi, neutron

### ABTRACT

**CHARACTERIZATION OF COUNTING SYSTEM OF THE HIGH RESOLUTION NEUTRON POWDER DIFRACTOMETER (HRPD-DN3).** Characterization of counting system of the HRPD including the counting modules, amplifier and detektor has been done by examining the counting performance using the portable neutron source of americium berilium and pulser as well as examination of the operating voltage of the main detektor, measurement of the detektor efficiency and standard sample. The characterization was carried out due to the replacement of the defective modules of the HRPD with the new counting system TEDIA PCT-7424C. The result show that the performance of the TEDIA PCT-7424C is reliable with the margin error of 0.64 %. In general, it is indicated that the performance of the HRPD has been restored and ready to be used for measurement of sample.

Keywords: counting systems, characterization, neutron

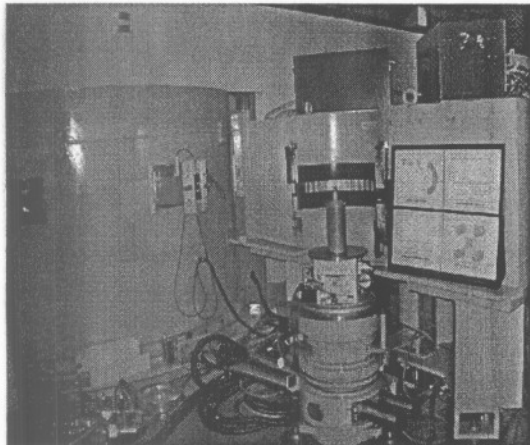
### PENDAHULUAN

Difraktometer Neutron Serbuk Resolusi Tinggi adalah salah peralatan Difraktometer yang dimiliki oleh Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir-BATAN. Peralatan ini berfungsi untuk mengetahui struktur kristal material dengan metode difraksi neutron. Prinsip kerja HRPD adalah mencacah neutron terhambur dari sampel ( $2\theta$ ) dengan detektor utama yang berjumlah 32 buah. Sumber berkas neutron berasal dari reaktor GA Siwabessy yang masih bersifat polikromatis. Oleh monokromator berkas tersebut diubah menjadi berkas monokromatis, yaitu berkas

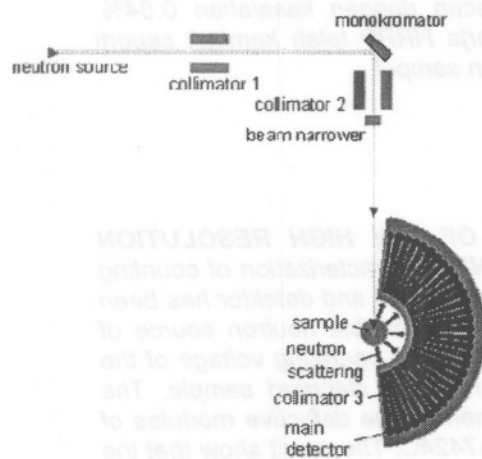
neutron yang mempunyai satu macam panjang gelombang.

Sistem pencacahan neutron terhambur dari sampel menggunakan 32 detektor utama, yang masing-masing detektor dilengkapi dengan *pre amplifier*, *amplifier*, *discriminator level* dan kolimator<sup>[1]</sup>. Beberapa waktu yang lalu peralatan pencacah HRPD mengalami kerusakan pada modul pencacahnya. Untuk itu telah dilakukan penggantian modul pencacah yang rusak dengan TEDIA PCT-7424C. Sebelum dilakukan pengukuran, perlu dilakukan karakterisasi pada modul pencacah TEDIA PCT-7424C untuk

mengetahui kinerja modul pencacah tersebut. Gambar 1 dan 2 masing-masing menunjukkan foto alat dan prinsip kerja HRPD, spesifikasi teknis dari sistem pencacah baru HRPD ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Peralatan HRPD



Gambar 2. Prinsip kerja HRPD

Tabel 1. Spesifikasi teknis modul pencacah TEDIA PCT-74245C

Merk/tipe	TEDIA/PCT 7424C
Buatan	Chekoslovakia
Jumlah input kontra	24
Jumlah counter	24 x 32 bit, maks 2 MHz
Jumlah input digital	8
Jumlah output digital	16
Bus	PCI (32 bit, 33MHz, 5 V dan 3,3 V
I/O + alamat MEM	PCI PnP BIOS
Dimensi	90(w)X130(l) mm <sup>2</sup>

## DASAR TEORI

Prinsip kerja HRPD adalah mengetahui pola difraksi sampel dengan mengukur hamburan neutron sampel dengan detektor utama. Hubungan intensitas dan sudut hamburan sampel dinyatakan dengan persamaan :

$$I_{(2\theta)} = \sum I_{hkl} \delta_{2\theta-2\theta_{hkl}} \quad (1)$$

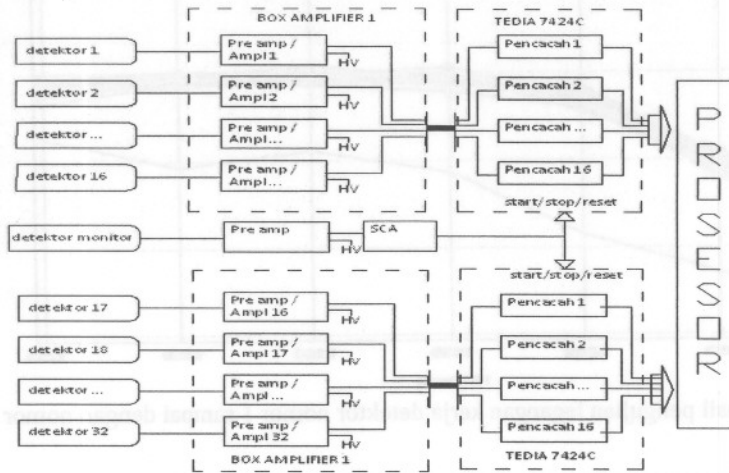
dimana  $\theta_{hkl}$ ,  $I_{hkl}$  dan  $\delta$  masing-masing adalah sudut Bragg, intensitas neutron pada bidang hkl dan perbedaan sudut Bragg<sup>[2]</sup>. Intensitas neutron yang dihamburkan oleh sampel ( $I_{hkl}$ ) ditangkap oleh detektor utama yang berjumlah 32 buah. Untuk mendapatkan akurasi dan konsistensi data yang baik, karakter sistem pencacah harus sama. Artinya setiap pencacah akan mencacah sumber neutron yang sama, dalam waktu yang sama akan menghasilkan cacahan yang sama. Sistem pencacah HRPD terdiri dari detektor utama, amplifier dan pencacah, sehingga karakter sistem pencacah sangat tergantung dari karakter dan kinerja amplifier dan pencacah. Gambar 3 menunjukkan blok diagram sistem pencacah HRPD.

## METODE PELAKSANAAN

Jumlah kanal masukan modul pencacah TEDIA PCT-7424C adalah 24 buah, sehingga untuk melayani kebutuhan sistem pencacah HRPD yang berjumlah 32 buah, diperlukan 2 buah modul pencacah TEDIA PCT-7424C<sup>[3]</sup>. Masing-masing modul melayani 16 buah detektor utama. Ke enambelas kanal masukan modul pencacah dihubungkan dengan keluaran amplifier no 1 sampai dengan nomor 16, sedangkan untuk keluaran amplifier nomor 17 sampai dengan 32 dihubungkan dengan masukan modul pencacah yang lain menggunakan konektor DB.

Mode preset time dan preset count yang digunakan sebagai mode pencacahan dimasukkan dalam port start/stop atau reset pada modul TEDIA. Mode preset time menggunakan timer yang ada pada modul TEDIA dan mode preset count menggunakan keluaran SCA (Single Channel Analyzer) dari detektor monitor.

Kegiatan karakterisasi sistem pencacah meliputi pencacahan oleh TEDIA dengan menggunakan sumber pulser sebagai simulator sinyal elektrik detektor dan portable neutron source AmBe (Americium Berilium); Pengujian kestabilan pencacahan modul TEDIA, dengan mencacah sumber dari pulser sebanyak tiga kali pencacahan. Pengujian tegangan kerja (high voltage-HV) efektif untuk semua detektor utama. Pengaturan gain amplifier dan discriminator detektor utama; Pengukuran efisiensi detektor utama; Pengukuran derau elektronik; Pengukuran cacahan latar belakang dan pengukuran sampel standar Silikon dan Nikel



Gambar 3. Diagram sistem pencacah HRPD

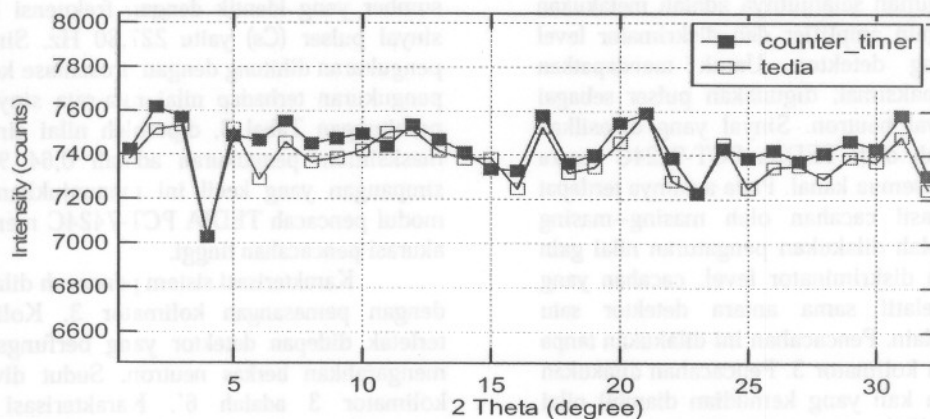
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada karakterisasi sistem pencacah, sumber neutron yang digunakan adalah AmBe. Pada pengujian awal, sistem pencacah diuji dengan sumber AmBe satu persatu. Detektor diletakkan di depan sumber kemudian dicacah dengan modul pencacah TEDIA PCT-7424C dan dual counter timer 2017 A sebagai pembandingan hasil cacahan. Pada saat peletakan detektor di depan sumber, posisi detektor terhadap sumber harus sama, karena posisi detektor terhadap sumber sangat berpengaruh terhadap hasil cacahan. Sistem pencacah HRPD menggunakan 2 modul TEDIA PCT-7424C, modul 1 digunakan sebagai kanal 1 sampai dengan 16 dan modul 2 digunakan sebagai kanal 17 sampai dengan 32. Hasil cacahan sumber AmBe dengan pencacah TEDIA PCT-7424C dan dual counter timer 2017A disajikan pada Gambar 4.

Hasil cacahan yang dihasilkan oleh TEDIA PCT-7424C dan dual counter timer 2017A secara umum tidak terlalu jauh berbeda. Adanya

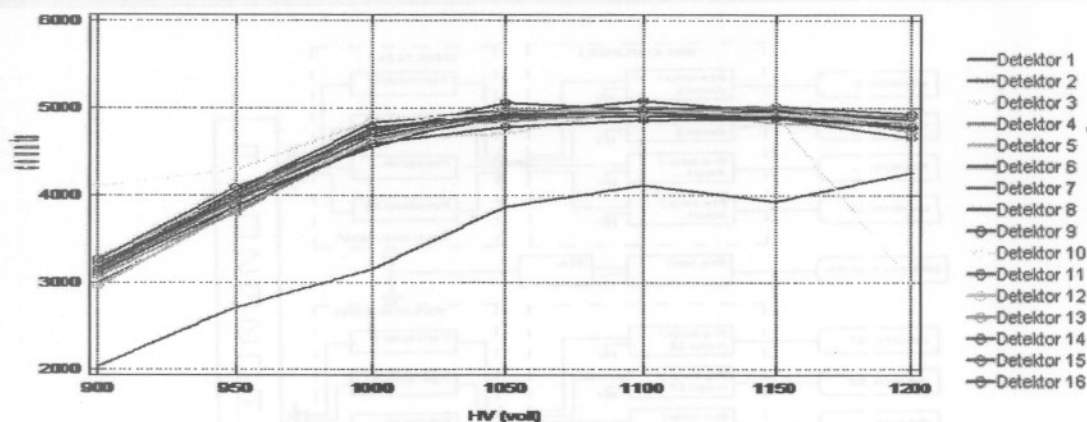
perbedaan cacahan antara detektor satu dengan yang lain disebabkan antara lain oleh perbedaan karakter sistem pencacah masing-masing detektor, yang salah satunya disebabkan oleh gain amplifier dan diskriminator level atau posisi detektor terhadap sumber AmBe pada waktu pencacahan.

Berdasarkan hasil pengujian tegangan kerja detektor yang disajikan pada Gambar 5 dan 6 tampak bahwa semua detektor mempunyai daerah plateau yang sama, yaitu antara 1050 volts sampai dengan 1150 volts. Intensitas yang dihasilkan oleh detektor nomor 6 lebih kecil daripada detektor yang lain, tetapi daerah plateaunya hampir sama dengan detektor yang lain. Hal ini disebabkan detektor nomor 6 adalah detektor baru yang digunakan untuk mengganti detektor yang lama, yang dikeluarkan oleh perusahaan yang berbeda dari detektor yang lain. Berdasarkan data yang telah dihasilkan, tegangan kerja efektif (HV) yang diberikan adalah sebesar 1100 volts.

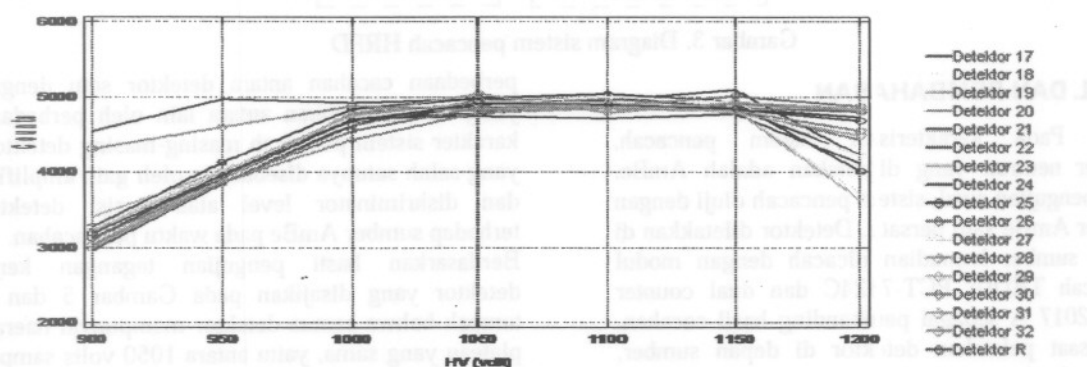


Gambar 4. Grafik cacahan AmBe dan dual counter timer 2017A oleh TEDIA PCT-7424C





Gambar 5. Hasil pengujian tegangan kerja detektor nomor 1 sampai dengan nomor 16



Gambar 6. Hasil pengujian tegangan kerja detektor nomor 17 sampai dengan nomor 32

Tabel 2. Nilai gain amplifier dan discriminator level nomor 1 sampai dengan 16

No Detektor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Gain amplifier	4.1	4.2	4.3	6.5	4.9	6.5	6.5	6.5	6.5	6.2	6.9	6.9	6.2	6.7	4.7	4.2
Disc. Level	2.0	2.0	2.0	2.3	2.2	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1

No Detektor	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Gain amplifier	5.2	4.1	3.9	5.3	5.7	5.9	6.0	4.8	5.3	5.0	4.2	3.4	4.5	3.5	5.0	5.2
Disc. Level	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1

Pengujian selanjutnya adalah melakukan pengaturan gain amplifier dan diskriminator level masing-masing detektor. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, digunakan pulser sebagai simulasi sinyal neutron. Sinyal yang dihasilkan pulser dicacah oleh TEDIA PCT-7424C secara serentak oleh semua kanal. Pada awalnya terdapat perbedaan hasil cacahan oleh masing-masing detektor, setelah dilakukan pengaturan nilai gain amplifier dan diskriminator level, cacahan yang dihasilkan relatif sama antara detektor satu dengan yang lain. Pencacahan ini dilakukan tanpa menggunakan kolimator 3. Pencacahan dilakukan sebanyak tiga kali yang kemudian diambil nilai rata-ratanya (Cd), dari nilai rata-rata cacahan detektor, dapat dihitung nilai rata-rata cacahan

sumber yang identik dengan frekuensi keluaran sinyal pulser (Cs) yaitu 227,80 Hz. Simpangan pengukuran dihitung dengan prosentase kesalahan pengukuran terhadap nilai rata-rata sinyal. Dari perhitungan Tabel 3, diperoleh nilai simpangan maksimum pengukuran adalah 0,64 %. Nilai simpangan yang kecil ini menunjukkan bahwa modul pencacah TEDIA PCT-7424C mempunyai akurasi pencacahan tinggi.

Karakterisasi sistem pencacah dilanjutkan dengan pemasangan kolimator 3. Kolimator 3 terletak didepan detektor yang berfungsi untuk mengarahkan berkas neutron. Sudut divergensi kolimator 3 adalah 6'. Karakterisasi sistem pencacah secara keseluruhan adalah dengan melakukan pengukuran efisiensi detektor, yaitu

melakukan pencacahan *direct beam* pada setiap detektor. Posisi dan nilai intensitas maksimum masing-masing detektor utama didapatkan dengan analisis Gaussian fitting. Intensitas maksimum setiap detektor dibandingkan dengan nilai intensitas tertinggi pada detektor.

Tabel 3. Tabel hasil cacahan pembangkit pulsa oleh TEDIA PCT-7424C

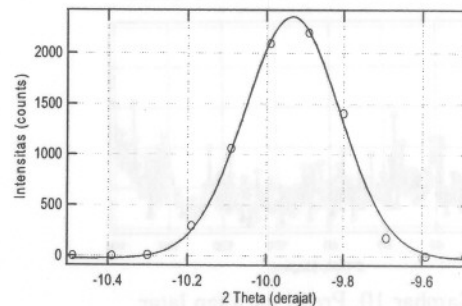
No	Cacahan ke-1 (C1)	Cacahan ke-2 (C2)	Cacahan ke-3 (C2)	$C_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i$	$S = \frac{(C_d - C_s)}{C_s} \times 100$ %
1	225	228	226	226.33	0.64 %
2	228	227	227	227.33	0.20 %
3	228	228	228	228.00	-0.09 %
4	227	227	227	227.00	0.35 %
5	228	225	226	226.33	0.64 %
6	228	227	226	227.00	0.35 %
7	228	228	228	228.00	-0.09 %
8	228	228	228	228.00	-0.09 %
9	229	229	228	228.67	-0.38 %
10	228	229	229	228.67	-0.38 %
11	229	228	227	228.00	-0.09 %
12	229	228	232	229.67	-0.82 %
13	228	232	228	229.33	-0.67 %
14	227	231	227	228.33	-0.23 %
15	228	227	229	228.00	-0.09 %
16	227	228	228	227.67	0.06 %
17	228	228	229	228.33	-0.23 %
18	227	228	229	228.00	-0.09 %
19	226	229	229	228.00	-0.09 %
20	228	229	229	228.67	-0.38 %
21	226	230	229	228.33	-0.23 %
22	226	227	227	226.67	0.50 %
23	228	227	226	227.00	0.35 %
24	227	226	227	226.67	0.50 %
25	226	228	227	227.00	0.35 %
26	226	228	229	227.67	0.06 %
27	230	228	228	228.67	-0.38 %
28	226	229	227	227.33	0.20 %
29	226	227	229	227.33	0.20 %
30	227	229	230	228.67	-0.38 %
31	228	229	227	228.00	-0.09 %
32	226	227	228	227.00	0.35 %
$C_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_d_i$				227,80	

Apabila  $\eta$ ,  $I_{max}$  dan  $I_{nmax}$  berturut-turut adalah efisiensi detektor, Intensitas maksimum nomor n dan intensitas tertinggi, maka efisiensi detektor dapat dinyatakan dengan persamaan [4]:

$$\eta = \frac{I_{nmax}}{I_{max}} \quad (2)$$

Hasil pengukuran efisiensi salah satu detektor dan nilai efisiensi untuk semua detektor disajikan pada Gambar 7 dan Gambar 8. Hasil perhitungan nilai efisiensi dimasukkan dalam parameter program pengukuran yang akan digunakan untuk mengoreksi data pengukuran. Data hasil pengukuran terdapat 2 file, yaitu data asli pengukuran (*raw data*) dan data setelah dikoreksi dengan efisiensi (*corrected data*). Data yang diberikan kepada pengguna HRPD adalah data setelah dikoreksi.

Adanya kolimator 3 sangat berpengaruh terhadap performa sistem pencacah. Hal ini terlihat dengan adanya penurunan efisiensi pada sebagian besar detektor utama seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8. Hal ini disebabkan oleh kondisi kolimator 3 sudah tidak lurus (kendor). Gadolinium *sheets* yang digunakan sebagai pembatas kolimasi sudah kendor, sehingga hamburan neutron dari sampel ke arah detektor terserap oleh gadolinium yang menyebabkan intensitas yang diterima detektor berkurang. Untuk meningkatkan performa sistem pencacah perlu dilakukan penggantian gadolinium *sheets* pada detektor utama nomor 19 sampai dengan nomor 32.

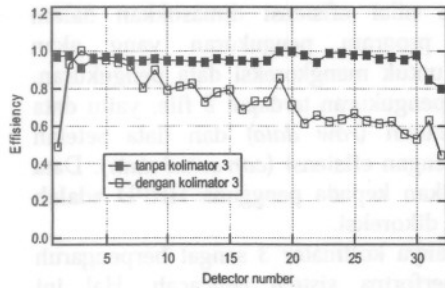


Gambar 7. Hasil uji efisiensi

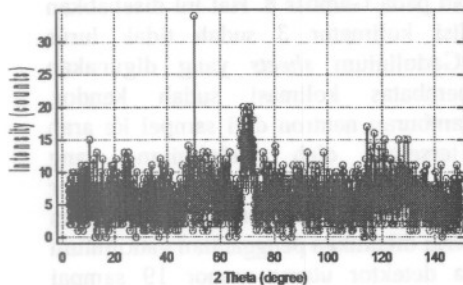
Untuk mengetahui kinerja peralatan HRPD dilakukan pengukuran-pengukuran derau elektronik, cacahan latar, sampel standar  $TiO_2$  dan Nikel. Pada pengukuran derau elektronik yang profil difraksinya diperlihatkan pada Gambar 9 tampak intensitas derau elektronik rata. Artinya secara elektronik karakter sistem pencacah pada semua detektor relatif sama, begitu pula dengan profil difraksi cacahan latar yang profilnya disajikan pada Gambar 10. Kontribusi cacahan latar terhadap cacahan sampel relatif sama pada

semua detektor, sehingga akan memudahkan dalam analisis struktur bahan.

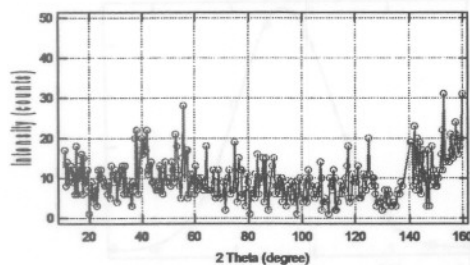
Hasil pengukuran sampel standar  $TiO_2$  dan Nikel yang dibandingkan dengan data pengukuran sebelumnya, posisi puncak saling berimpit. Hal ini menunjukkan bahwa karakter sistem pencacah dan sistem pembacaan posisi  $2\theta$  tidak ada perubahan. Peralatan HRPD telah berfungsi kembali seperti semula. Perbedaan intensitas dengan pengukuran sebelumnya dikarenakan adanya perbedaan waktu pencacahan.



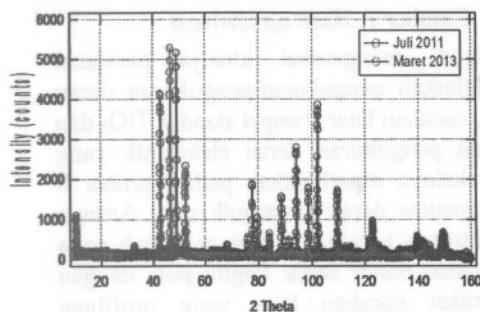
Gambar 8. Efisiensi detektor tanpa kolimator 3 dan efisiensi dengan kolimator 3



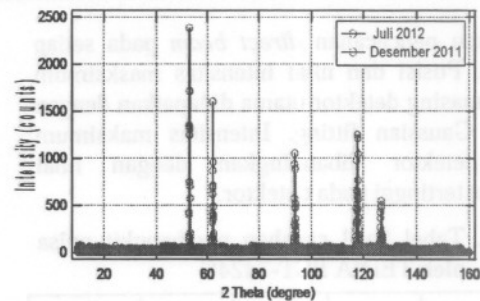
Gambar 9. Profil derau elektronik



Gambar 10. Profil cacahan latar



Gambar 11. Profil difraksi  $TiO_2$



Gambar 12. Profil difraksi Nikel

## KESIMPULAN

Penggunaan modul pencacah jenis TEDIA PCT-7424C yang berbasis bus PCI telah tepat dilakukan karena modul ini memberikan transfer data yang lebih cepat dibanding dengan ISA slots. Selain itu penggunaan bus PCI akan lebih mudah dalam pengembangan peralatan HRPD, karena *mother board* pada komputer sekarang hanya dilengkapi dengan bus PCI sebagai prosesor ekstenal. Hasil karakterisasi sistem pencacah yang telah dilakukan, kanal-kanal pencacah TEDIA mempunyai karakter yang teliti dengan simpangan pembacaan data 0,64 %. Hasil pengukuran sampel standar telah menunjukkan bahwa puncak difraksi terletak pada posisi  $2\theta$  yang sama, artinya peralatan HRPD telah berfungsi seperti semula. Kinerja modul pencacah telah sesuai digunakan sebagai sistem pencacah HRPD.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ANONYMOUS, 1992, Equipment Specification of HRPD for MPR-30, NKK Co.,Tokyo, 1992 .
2. Manual Operasi HRPD, Sumitomo Corporation, Tokyo, Japan
3. F.Izumi, 1993, " The Rietveld Method," ed. By R.A. Young, Oxford University Press, Oxford
4. ANONYMOUS, Katalog PCT 7424C counting system, TEDIA, Cekoslovakia
5. Herry Mugirahardjo, dkk, Juli 2011 Kalibrasi Peralatan Difraktometer Neutron Serbuk Resolusi Tinggi, Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, Yogyakarta.

## Tanya Jawab

### Syarip

- Hasil pengujian tegangan tinggi vs count dari detektor He ternyata semakin tinggi tegangan

lebih besar 1050 V, *count*-nya cenderung menurun. Mohon penjelasan!

**Heri Mugiraharjo**

✧ *Harusnya demikian, setelah plateu carut akan naik jika HV dinaikkan, karena range pengaturan terlalu tinggi kemungkinan kenaikan carut tidak terlibat.*

