

## **PROGRESS REPORT REVITALISASI PERANGKAT KERAS SISTEM KONTROL SN1/TRIPLE AXIS SPECTROMETER**

Iwan Sumirat<sup>(\*)</sup>, A. Ramadhani, Bharoto, Edy Santoso, Rifai M., Sairun, Irfan Hafid, Junaedi, Indarto PU, Nadi S.

Bidang Spektrometri Neutron, Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, BATAN  
Puspiptek Serpong, Tangerang 15314

<sup>(\*)</sup>sumirat@batan.go.id

### **Abstrak**

Pada tahun 2011 telah dilakukan proses *upgrading* perangkat keras untuk mengontrol sistem mekanik SN1/TAS (Spektrometer Neutron nomor 1/Triple Axis Spectrometer). Sistem mekanik SN1/TAS digerakan oleh 23 motor yang terdiri dari 21 *stepper* motor, 1 servo motor, dan 1 *magnetic brake* motor. Ke-23 motor tersebut diklasifikasikan ke dalam tiga sistem global yakni sistem mekanik monokromator, sampel, dan analiser. Perangkat keras yang baru, menggunakan PCI based Motion Controller menggantikan sistem lama yaitu ISA based Programmable Peripheral Interface PPI 8255. Satu set *interface card* telah dibuat sebagai antar muka antara sistem perangkat keras baru dengan sistem elektronik SN1/TAS yang terdiri dari sistem *stepper* motor *driver*, sistem *hard limit switch*, dan sistem solenoid *valve*. Perangkat keras baru telah dikarakterisasi melalui serangkaian pengujian pergerakan mekanis serta eksperimen hamburan neutron elastik. Dari hasil karakterisasi dapat disimpulkan bahwa perangkat keras yang baru telah berfungsi dengan baik, presisi, juga stabil sehingga dapat digunakan pada eksperimen-eksperimen hamburan neutron elastik untuk investigasi struktur kristal bahan.

Kata Kunci : *SN1*, Triple Axis Spectrometr, motion controller, hamburan neutron elastik

### **Abstract**

In 2011 the upgrading process of the hardware for controlling mechanical system of SN1/TAS was performed. The mechanical movements of SN1/TAS are driven by 23 motors which consists of 21 stepper motors, 1 servo motor, and 1 magnetic brake motor. All the 23 motors are classified into three global systems i.e. mechanical system of monochromator, sample, and analyzer. The new hardware uses PCI based Motion Controller as a replacement for the old system which was ISA based Programmable Peripheral Interface PPI 8255. One set of electronic card was built as the interface between the new sistem and the electronics system of SN1/TAS that consists of stepper motor drivers, hard limit switches, and solenoid valves. The new hardware was characterized through a series of mechanical movements testing and neutron elastic scattering experiments. The results indicate that the new hardware system is in well function, has a reasonable precision, and also stable so it can be used for neutron elastic scattering experiments to investigate crystal structure of materials.

**Keywords:** SN1, Triple Axis Spectrometer, motion controller, neutron elastic scattering

## **1. PENDAHULUAN**

Neutron Triple Axis Spectrometer - TAS, merupakan satu dari tujuh instrument hamburan neutron yang ada di Bidang Spektrometri Neutron, Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, BSN PTBIN BATAN<sup>1</sup>. TAS di Batan tersebut diberi kode sebagai SN1 yang bermakna sebagai Spektrometer Neutron nomor 1. SN1 diinstal pada tahun 1992 di Experimental Hall (XHR) Reaktor Serbaguna G. A.

Siwabessy<sup>2</sup>. SN1 memanfaatkan neutron termal yang memiliki energi sebesar 25 meV yang berorde sama dengan energi-energi eksitasi dari atom-atom zat mampat (*condensed matter*)<sup>3</sup> sehingga dapat digunakan baik untuk investigasi struktur kristal maupun dinamika kisi bahan kristalin. Selain itu, neutron memiliki spin  $\frac{1}{2}$  yang memungkinkannya dapat berinteraksi dengan spin inti atom maupun spin orbital elektron untuk keperluan investigasi struktur magnetik bahan<sup>4</sup>.

Setelah diinstal pada tahun 1992, lalu dilakukan karakterisasi dan kalibrasi dari tahun 1992 sampai tahun 1994. Informasi pertama dari eksperimen hamburan inelastik berupa kurva dispersi fonon pada kristal tunggal Germanium dihasilkan pada tahun 1995. Namun, karena terjadi masalah pada sistem perangkat lunak orisinal SN1, maka sejak tahun 1996 SN1 tidak dapat difungsikan baik untuk eksperimen hamburan neutron elastik maupun inelastik.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk memfungsikan kembali SN1. Pada tahun 2000 dilakukan penggantian perangkat keras orisinal system control SN1 dengan perangkat keras yang dibuat oleh para teknisi dan peneliti BSN PTBIN. Sistem perangkat keras tersebut berupa ISA based Programmable Peripheral Interface PPI 8255. Perangkat lunak berbasis LINUX OS untuk mengontrol sekaligus untuk akuisisi data telah dibuat pula oleh staf BSN PTBIN. Sistem pengganti tersebut telah berfungsi dengan baik sehingga SN1 dapat digunakan kembali untuk eksperimen-eksperimen hamburan elastik.

Berhubung kebutuhan akan sistem yang lebih *reliable*, akurat, serta stabil maka pada tahun 2011 dilakukan *upgrading* perangkat keras dari ISA based Programmable Peripheral Interface PPI 8255 menjadi PCI based Motion Controller. (PCIMC). Selain lebih *reliable*, kelebihan lain dari PCIMC ini adalah sistem ini dapat mengontrol pergerakan motor-motor SN1 baik secara independen maupun simultan. Simultanitas ini akan sangat berpengaruh positif terhadap efisiensi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan eksperimen-eksperimen hamburan neutron elastik maupun inelastik. Untuk mengontrol perangkat keras PCIMC tersebut serta untuk keperluan akuisisi data, telah dibuat pula sistem perangkat lunak yang baru berbasis Visual BASIC.

Berdasarkan manual SN1<sup>5-6</sup> serta informasi yang telah diperoleh pada kegiatan-kegiatan sebelumnya<sup>7-8</sup>, sistem PCIMC dan perangkat lunak yang baru telah dikarakterisasi melalui serangkaian pengujian pergerakan mekanis, kalibrasi panjang gelombang, serta eksperimen hamburan neutron elastik menggunakan sampel polikristalin dan sampel kristal tunggal. Sebagai bagian dari proses *upgrading* ini telah dilakukan pula karakterisasi SN1 sebagai instrument untuk eksperimen hamburan neutron inelastik.

## 2. TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem perangkat keras SN1 khususnya sistem mekanik, sehingga seluruh motor dapat digerakan dan dikontrol dengan akurat untuk keperluan eksperimen hamburan neutron elastik maupun inelastik.

## 3. ALAT DAN BAHAN

1. 3 PCI *motion controller card*
2. *Interface control system*: Kapasitas: 24 stepper motor, 3 solenoid valve, Power: 220 volt, 1 ampere

3. Kabel
4. Plat Aluminium
5. Mur & baut
6. *Toolset* mekanik
7. *Toolset* elektrik
8. *Visual BASIC compiler*

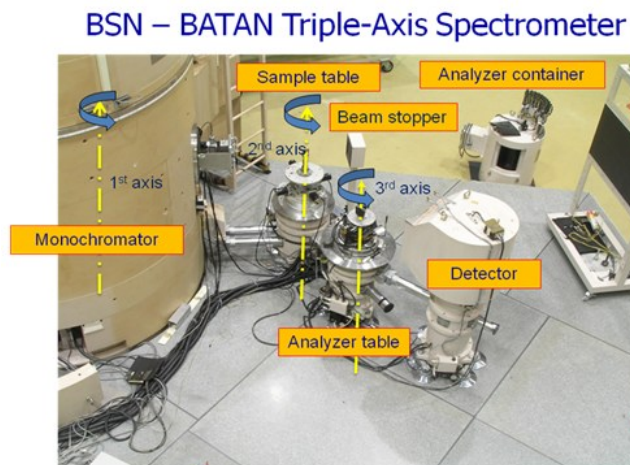
## 4. METODE

Kegiatan ini berupa perancangan dan pembuatan rangkaian perangkat keras untuk antarmuka antara PC, *motion controller card*, dan driver motor stepper, hard limit switches, solenoid valve, pembuatan perangkat lunak untuk mengendalikan gerakan dari motor-motor stepper menggunakan perintah-perintah dari PC melalui *motion controller card*, kalibrasi skala pergerakan motor menggunakan acuan yang ada pada manual dan *data sheet* dari motor-motor stepper TAS, dan pengujian gerakan motor-motor stepper pada mode dua sumbu. Kegiatan diawali dengan melakukan pembuatan perangkat keras untuk antarmuka PC dengan mikrokontroler. Setelah itu, dilakukan pembuatan perangkat lunak untuk mengontrol motor-motor stepper. Selanjutnya dilakukan kalibrasi pergerakan motor-motor stepper sesuai menggunakan *datasheet* dan manual dan pengujian gerakan motor-motor stepper pada mode tiga sumbu TAS. Kemudian dilakukan analisa terhadap data-data hasil kalibrasi dan pengujian.

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Profil SN1

Gambar 1 menampilkan foto dari SN1/TAS yang terpasang di *Experimental Hall* (XHR) Reaktor Serbaguna G. A. Siwabessy - RSGGAS, kawasan Puspptek Serpong Tangerang Selatan. Karakteristik SN1 diperoleh melalui serangkaian pengujian gerakan mekanis serta eksperimen hamburan neutron elastik.



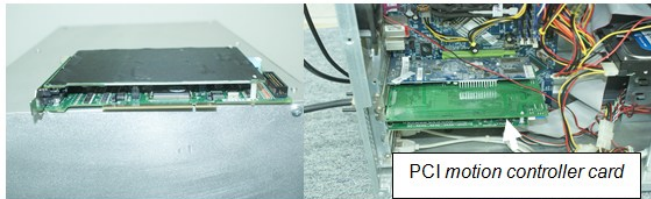
Gambar 1. Foto BATAN Neutron Triple Axis Spectrometer SN1//TAS

Spesifikasi dari SN1/TAS adalah sebagai berikut:

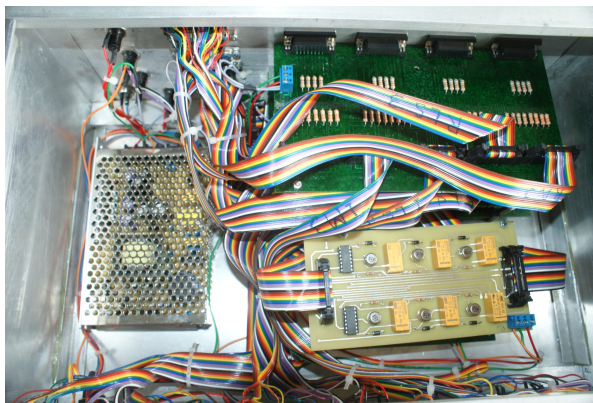
- Neutron source: Thermal
- Neutron beam port: S4 (radial)
- Monochromator: Unpolarized: Ge(220), PG (002), Polarized: Heusler
- Range of monochromator take off angle:  $15^\circ < 2Q_m < 75^\circ$
- Incoming wavelength:  $1.392 \text{ \AA}$  (at fixed  $2Q_m = 40.698^\circ$ )
- Flux at specimen:  $2 \times 10^5 \text{ neutron/cm}^2/\text{sec}$
- Collimation:  $20'$  and  $40'$
- Filter: PG
- Maximum beam size: 40 mm (H) x 70 mm (V)
- Range of scattering angle ( $2q$ ):  $-5^\circ < 2F < 140^\circ$
- Range of crystal orientation:  $0^\circ < Q_s < 360^\circ$
- Angular resolution:  $0.01^\circ$
- Sample goniometer: X, Y: -10 mm to +10 mm, Rx, Ry:  $-10^\circ$  to  $+10^\circ$
- Energy transfer: 0 - 40 meV
- Monitor detector:  $\text{BF}_3$
- Analyzer: PG(002)
- Range of analyzer ( $2q$ ):  $-5^\circ < 2Q_A < 90^\circ$
- Main detector:  $^3\text{He}$

Control and data collection: IBM PC compatible

Hasil rancangan dan pembuatan sistem perangkat keras yang baru ditunjukkan pada gambar 2 sampai dengan gambar 4.



Gambar 2. PCI motion controller card sebelum dipasang (kiri) dan setelah dipasang pada slot PCI (kanan)



Gambar 3. Tampak dalam untuk interface PCI motion controller card + PC dengan sistem TAS

Gambar 2 sebelah kiri menunjukkan satu buah card PCI Motion Controller yang digunakan. Satu card dapat mengendalikan 8 motor stepper. Untuk mengendalikan 22 motor stepper yang ada di SN1 telah dipasang 3 PCIMC pada slot PCI. Gambar sebelah menunjukkan satu card PCIMC yang telah dipasang pada slot PCI pada PC untuk sistem kontrol SN1. Karena jarak antar slot PCI sangat dekat maka perlu dilakukan modifikasi pada konektor card agar ke tiga PCIMC dapat masuk ke dalam masing-masing slot.

Pada gambar 3 ditunjukkan rangkaian untuk antar muka (interface) antara PCIMC dengan sistem elektronik SN1 berupa 22 driver motor stepper, 44 hard limit switch, dan 6 solenoid valves.



Gambar 4. Tampak depan (kiri) dan belakang (kanan) rangkaian interface

Pada gambar 4 ditunjukkan casing tampak depan (kiri) dan belakang (kanan) dari rangkaian untuk antar muka (interface) antara PCI motion controller card + PC dengan dengan sistem elektronik SN1.

## 5.2 Karakteristik sistem perangkat keras berbasis PCIMC

Sistem perangkat keras baru telah dikarakterisasi dengan melakukan pengujian mekanis. Hasil pengujian dan karakterisasi tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Tabel 1 berisi nilai-nilai soft encoder pada motor-motor yang ada pada sample goniometer, lengan meja sample, dan analyzer goniometer. Tabel 2 berisi nilai-nilai skala per pulsa untuk untuk masing-masing motor.

Table 1. Nilai-nilai soft encoder motor-motor sample dan analyzer.

NO	CARD	SUMBU	LIMIT MOTOR (mm atau derajat)	LIMIT MOTOR (jumlah pulsa)
1	0	X	$-9.5 \text{ mm} \leq Y \leq +9.5 \text{ mm}$	$-4750 \leq Y \leq +4750$
2	0	Y	$-9.5 \text{ mm} \leq X \leq +9.5 \text{ mm}$	$-4750 \leq X \leq +4750$
3	0	Z	$-9.5^\circ \leq RY \leq +9.5^\circ$	$-8075 \leq RY \leq +8075$
4	0	A	$-9.5^\circ \leq RX \leq +9.5^\circ$	$-6745 \leq RX \leq +6745$
5	0	B	$-150^\circ \leq \text{THETA}_S \leq +170^\circ$	$-75000 \leq \text{THETA}_S \leq +85000$
6	0	C	$-4.5^\circ \leq 2\text{THETA}_S \leq +110^\circ$	$-2250 \leq 2\text{THETA}_S \leq +55000$
7	0	D	$-180^\circ \leq \text{THETA}_A \leq +180^\circ$	$-90000 \leq \text{THETA}_A \leq +90000$
8	0	E	$-4^\circ \leq 2\text{THETA}_A \leq +89.5^\circ$	$-2000 \leq 2\text{THETA}_A \leq +44750$

Table 2. Nilai-nilai Step per Pulse motor-motor TAS.

No	Card #	Sum-bu	MOTOR	STEP/SCALE	TESTED
1	0	X	Y_S	-500/mm	OK
2	0	Y	X_S	+500/mm	OK
3	0	Z	RY_S	-850/°	OK
4	0	A	RX_S	-710/°	OK
5	0	B	THETA_S	-500/°	OK
6	0	C	2THETA_S	-500/°	OK
7	0	D	THETA_A	-500/°	OK
8	0	E	2THETA_A	-500/°	OK
9	1	X	CM (Monoc. Crystal changer)	2000/°	OK
10	1	Y	RX_M2 (RX_M)	500/°	OK
11	1	Z	Y_M	1000/mm	OK
12	1	A	X_M	1000/mm	OK
13	1	B	OMEGA_0 (OMEGA Heusler)		OK
14	1	C	THETA_M	800/°	OK
15	1	D	OMEGA_2 (OMEGA Monoc #2)	500/°	OK
16	1	E	OMEGA_1 (OMEGA Monoc #1)	500/°	OK
17	2	X	M_2 à SPARE (for Air Compressor Analyzer Table)		
18	2	Y	M_3 à SPARE (for Air Compressor Detector Table)		
19	2	Z	RX_A	-500/°	OK
20	2	A	RY_A	-500/°	OK
21	2	B	M_1 à SPARE (for Air Compressor Sample Table)		
22	2	C	OMEGA_A	-500/°	OK
23	2	D	RY_M1 (RX_MHeusler)		OK
24	2	E	X_M2 (X_MHeusler)		OK
25	SER-VO	-	2THETA_M	Max 20°/min	OK
26	AC MA GNE TIC BRA KE	-	Heusler Bâ Non Heusler	1250/1500 RPM, 30 MIN	OK

## 6. Data hasil eksperimen

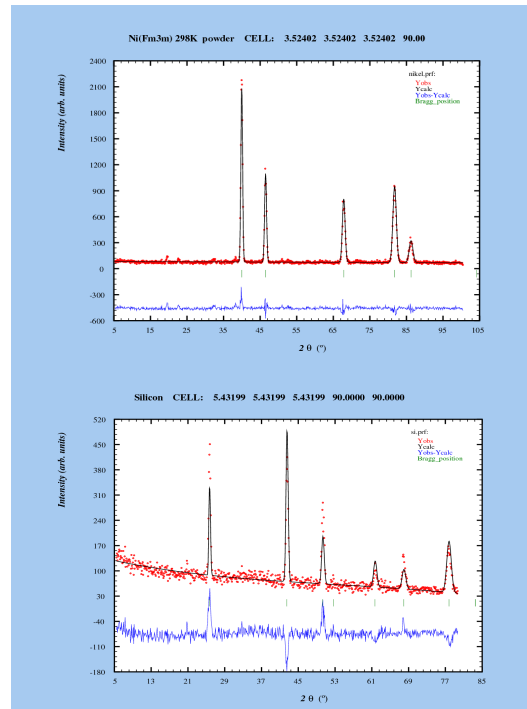
### 6.1 Kalibrasi panjang gelombang neutron monokromatis

Untuk menguji apakah sistem perangkat keras baru telah berfungsi sebagaimana yang diharapkan, dilakukan eksperimen hamburan elastik berupa kalibrasi panjang gelombang neutron monokromatis dari SN1/TAS. Kalibrasi panjang gelombang dilakukan pada kondisi sebagai berikut:

1. Kristal monochromator: Ge(220)
2. Sample: serbuk standar Ni dan Si.

3. Software analisis/refinement: FullProf.2k<sup>9</sup>, versi 4.8
4. Ekspekasi panjang gelombang:  $1.392 \pm 0.01$  angstrom

Pola difraksi dengan hasil *refinement* untuk sampel standar serbuk Ni dan Si ditunjukkan pada gambar 5.

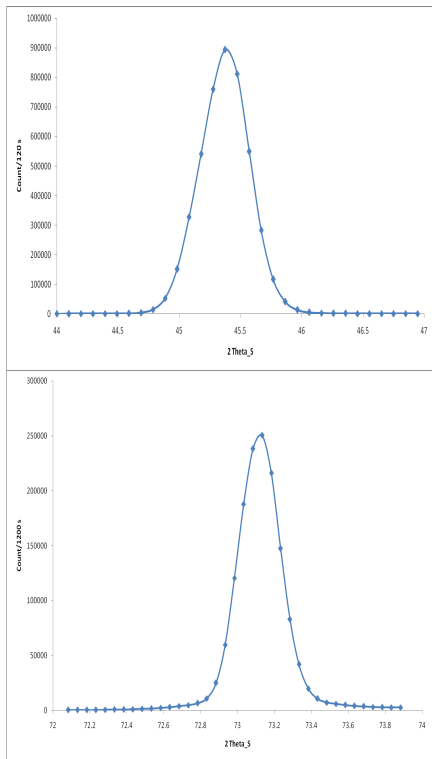


Gambar 5. Fullprof *refinement* untuk sampel standar serbuk Ni (atas) dan Si (bawah)

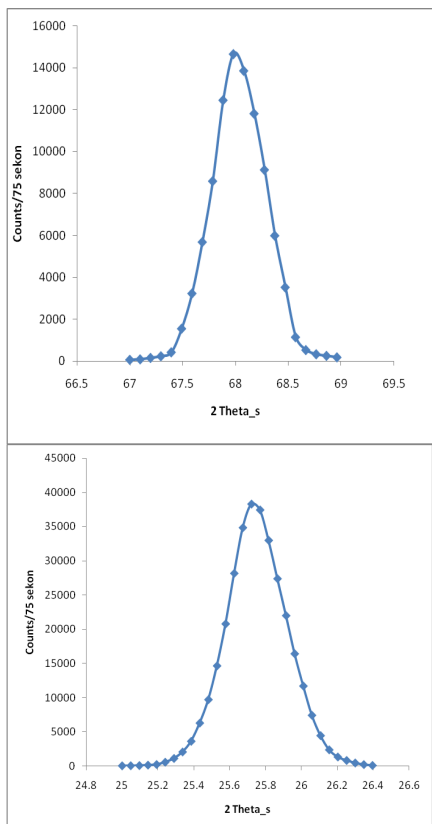
Dari hasil *refinement* baik pada data difraksi sampel Ni maupun Si diperoleh nilai panjang gelombang neutron monokromatis sebesar 1.392 Angstrom. Nilai panjang gelombang ini sesuai dengan hasil kalkulasi teoritis berdasarkan nilai posisi sudut hamburan monokromator dan *lattice parameter* dari kristal monokromator.

### 6.2 Hamburan elastik pada kristal tunggal

Dengan menggunakan nilai panjang gelombang hasil kalibrasi di atas, dilakukan eksperimen hamburan elastik menggunakan sampel kristal tunggal Cu dan Si. Eksperimen-eksperimen ini dilakukan sekaligus untuk memverifikasi keandalan sistem perangkat keras yang baru untuk melakukan *real experiments*. Puncak difraksi Bragg untuk sample kristal tunggal Cu bidang (200) dan (111) serta Si bidang (111) dan (331), masing-masing ditunjukkan pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Puncak Bragg pada kristal tunggal Cu(200) (atas) dan Cu(111) (bawah)



Gambar 8. Puncak Bragg pada kristal tunggal Si(111) (atas) dan Si(331) (bawah)

Dari pola difraksi pada gambar 7 dan 8 dapat dibuktikan bahwa dengan menggunakan panjang gelombang 1.392 Angstrom, keempat puncak difraksi berada tepat pada posisi yang sama dengan posisi-posisi hasil perhitungan. Dari hasil-hasil tersebut dapat diyakini bahwa sistem perangkat keras yang baru telah berfungsi secara akurat.

### 7. KESIMPULAN

Telah dilakukan *upgrading* perangkat keras SN1/TAS dari ISA based Programmable Pheriferal Interface PPI 8255 menjadi PCI based Motion Controller PCIMC. Telah dibuat pula perangkat keras untuk antarmuka (*interface*) antara sitem elektronik SN1 berupa driver motor-motor stepper, *hard limit switch*, dan solenoid *valve* dengan sistem PCIMC. Selain perangkat keras, telah dibuat pula perangkat lunak untuk mengontrol gerakan motor-motor stepper TAS dan data akuisisi. Dari hasil karakterisasi telah dapat disimpulkan bahwa sitem kontroler baru ini telah dapat digunakan untuk menggerakkan motor-motor stepper pada TAS secara akurat, efisien, dan stabil, sehingga SN1/TAS dapat digunakan untuk eksperimen hamburan neutron elastik.

### 8. UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan ini dibiayai oleh DIPA PTBIN BATAN 2011. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kepala BSN atas bantuan teknis dan non teknis, serta kepada rekan-rekan di BSN atas bantuan teknis pada kegiatan ini.

### 9. DAFTAR PUSTAKA

1. <http://www.batan.go.id/ptbin/bsn.html>, 20 Desember 2012, 09:42 AM.
2. <http://www.batan.go.id/prsg/>, 20 Desember 2012, 14.00 PM.
3. T. Chatterji (Editor), *Neutron Scattering from Magnetic Materials*, Elsevier B.V., 2006
4. D. L. Price and K. Skold, *Methods in Experimental Physics, Volume 23, Neutron Scattering Part A*, Academic Press Inc., 1986.
5. NKK, KURODA, RIGAKU, *Triple Axis Spectrometer (TAS) Outline of Software*, 1988
6. NKK, KURODA, RIGAKU, *TAS Operation Manual (Hardware)*, 1988
7. Sairun, *Tugas Akhir: Operasi Peralatan Triple-Axis Spektrometer (TAS)*, Teknofisika Nuklir PATN, 1992
8. Irfan Hafid, *Tugas Akhir: Rancang Bangun Sistem Kendali Alternatif Untuk Peralatan Triple-Axis Spektrometer (TAS)*, P.S. Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, 2006
9. *FullProf*, referensi: Physica B.(1993), 192, 55, Authors:Rodriguez-Carvajal, J., <http://www.ill.eu/sites/fullprof/index.html>