

RANCANG BANGUN BENT MONOCHROMATOR UNTUK PENINGKATAN INTENSITAS NEUTRON PADA SAMPEL HRPD

Herry Mugirahardjo, Trihardi Priyanto, M. Rifai Muslih, A. Ramadhani

mugirahardjo@gmail.com

Pustek Bahan Industri Nuklir – BATAN, Kawasan Puspipstek Serpong

ABSTRAK

RANCANG BANGUN BENT MONOCHROMATOR UNTUK PENINGKATAN INTENSITAS NEUTRON PADA SAMPEL HRPD. Salah satu cara untuk meningkatkan fluks neutron pada posisi sampel adalah dengan memusatkan berkas neutron dari monokromator ke arah sampel. Dalam usaha pengembangan peralatan HRPD, telah dilakukan rancang bangun bent monochromator untuk meningkatkan intensitas hamburan neutron pada sampel HRPD. Dalam rancang bangun bent monochromator ini digunakan lima buah kristal silikon dengan dimensi 100 X20 X5 (p x l x t) mm. Focusing berkas neutron dilakukan pada arah horisontal dan vertikal. Pengaturan focusing baik arah vertikal maupun horisontal dilakukan secara mekanis. Pengujian bent monochromator dilakukan menggunakan peralatan Triple Axis Spektrometer. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa bent monochromator dapat digunakan untuk meningkatkan intensitas berkas neutron pada sampel HRPD.

Kata kunci : bent monochromator, focusing

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF BENT MONOCHROMATOR TO INCREASE NEUTRON INTENSITY AT THE HRPD. One possibility to increase neutron flux at the sample position is by focusing neutron beam from the monochromator to sample. In the HRPD a bent monochromator has been made to increase the intensity of neutron beam. The bent monochromator is design to use five silicon crystals with the dimension of 100 (l) X20 (h) X5 (w) mm. The neutron beam is focused on ed on horizontal and vertical directions. The vertical and horisontal focusing adjustment is carried out by means of mechanical system. Bent monochromator has been tested using a Triple Axis Spektrometer. The result shows that the bent monochromator has been succesfully to increase the neutron intensity at the HRPD samples position.

Key words : bent monochromator, focusing

1. PENDAHULUAN

Difraktometer neutron serbuk resolusi tinggi (HRPD-DN3) adalah peralatan yang berfungsi untuk mengetahui pola difraksi suatu material dengan teknik difraksi neutron. HRPD adalah salah satu difraktometer yang dimiliki oleh Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir-BATAN dan dipasang di Balai Percobaan Hamburan Neutron Gedung 40, dan pada saat ini merupakan peralatan yang paling sibuk melayani permintaan pengukuran sampel, baik dari BATAN maupun instansi luar.

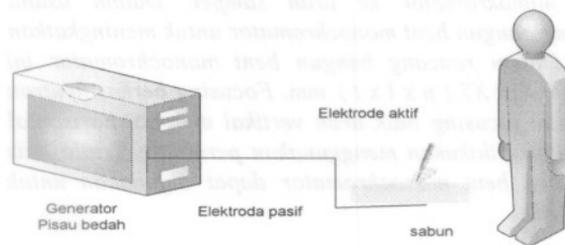
Prinsip kerja HRPD adalah mendeteksi hamburan neutron dari sampel dengan 32 buah detektor utama. Hamburan neutron dari sampel

berasal dari neutron monokromator. Neutron yang masih bersifat polikromatis tersebut berasal dari reaktor G.A Sywabessy. Oleh monokromator, neutron polikromatis diubah menjadi monokromatis dan diarahkan ke sampel. Oleh sampel neutron akan dihamburkan dan ditangkap oleh multi detektor utama. Hamburan inilah yang akan membentuk suatu pola difraksi yang kemudian akan dianalisis lebih lanjut. Prinsip kerja HRPD diperlihatkan pada gambar 1.

rangkaian RC yang berfungsi sebagai filter. Dari lilitan primer trafo arus akan diinduksi ke lilitan sekunder yang mempunyai perbandingan jumlah lilitan yang lebih banyak sehingga tegangan di sekunder menjadi tinggi. Untuk menyalurkan daya, maka digunakan elektroda yang dapat mengeluarkan percikan api.

4. PENGUJIAN ALAT

Setelah selesai dilakukan perakitan tercetak *layout* PCB, pesawat diuji terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang dikehendaki.



Gambar 13 Cara Pemakaian Pisau Bedah Listrik

Langkah-langkah pengujian :

1. Siapkan sabun sebagai media pengujian.
2. Pasang elektroda aktif dan elektroda netral.
3. Pasang sabun diatas elektroda netral.
4. Tekan tombol *power* sehingga indikator *power* menyala.
5. Tekan *foot switch* dan gerakkan elektroda aktif di atas media (sabun) sampai ada percikan api.
6. Apabila dosisnya kurang, maka atur pengaturan dosis dengan memutar saklar pengaturan dosis.

Dari hasil analisa data antara perhitungan teori dan praktek ada selisih perbedaan hal ini disebabkan :

1. Kesalahan manusia (*human error*), diantaranya adalah kesalahan pembacaan alat ukur, penyetulan yang tidak tepat dan pemakaian instrumen yang tidak sesuai.
2. Kesalahan yang disebabkan oleh kekurangan-kekurangan instrumen, seperti kerusakan atau adanya bagian-bagian yang aus dan pengaruh lingkungan terhadap peralatan atau pemakai.
3. Kesalahan yang disebabkan oleh perubahan spesifikasi dari komponen-komponen yang dipakai.

4. Kesalahan tidak terlalu mempengaruhi kinerja alat.

5. KESIMPULAN

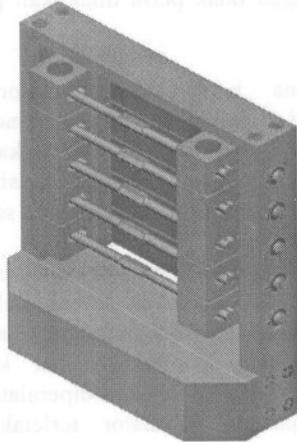
1. Telah di buat Pisau bedah listrik ,dengan frekuensi 450 KHz, daya 47,97 watt.
2. Telah di uji coba dengan menggunakan media sabun sebagai tes kalibrasi dengan hasil kedalaman minimal 1mm dan maksimal 2 mm dengan pembanding radiotom 804

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim,1997,*Operating Instruction And Operating Manual Radiotom 804*,Jerman
- Malvino. 1996. *Prinsip-Prinsip Elektronika Edisi ke Tiga*. Penerbit Erlangga.
- Cooper, David, William. 1993. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*. Penerbit Erlangga.
- Carr,J.,1991,*Introduction To Biomedical Equipment Technology*,2nd Edition,John Wiley And Sons,New York
- Cooglin R.F,1994, *Penguat Operasional Dan Rangkaian Terpadu Linier* (Penerjemah Ir. Herman Widodo),edisi II,Penerbit Airlangga,Jakarta
- Departemen Kesehatan 2002. *Pedoman Pemeliharaan Electro Couter*.
- Fizgerald,A,E dan Gebriel A,1985,*Dasar-Dasar Elektro Teknik* (Penerjemah Pantur Silaban),Edisi Kelima Jilid 2,Penerbit Erlangggga,Jakarta
- Golman,L,1981,*The Biomedical Laser*,Spinger Verlag,New York
- Ibrahim,K.F,1991, *Teknik Digital* (Penerjemah Ir.P.Insap Santosa,M.Sc),Cetakan Kedua,Penerbit Andi,Yogyakarta
- Hayt, H. William. 1996. *Rangkaian Listrik*. Penerbit ITB Bandung.
- Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. Penerbit ITB Bandung.
- Warsito,S,1996, *Kamus Elektronika-Indonesia*,Edisi Yang Disempurnakan,Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama,Jakarta
- Warsito,S.,1995,*Vademekum Elektronika*,Edisi Kelima,Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama,Jakarta

bagian depan bent monochromator

Hasil pengujian secara optik baik pengujian pertama maupun kedua, kelima cermin pada bent monochromator sudah menghasilkan bayangan benda yang lurus menyambung secara vertical. Demikian juga pengujian dengan cahaya matahari, kelima pantulan cahaya matahari sudah menghasilkan berkas cahaya yang terpusat pada satu berkas.



Gambar 7. Gambar simulasi perpektif

bagian belakang bent monochromator

Setelah pengujian secara optik berhasil dengan baik, maka dilanjutkan dengan pengujian secara neutronik. Hasil pengujian secara neutronik disarikan pada table 2. Kelima Kristal Silikon diberi regangan yang merupakan selisih antara besar regangan akhir dan besar regangan awal sebelum dilakukan pengencangan pada as pendorong Kristal. Besar nilai regangan masing-masing kristal berbeda, karena pemberian regangan berdasarkan perasaan, kemudian diukur. Perbedaan nilai 2θ dan intensitas maksimum yang dihasilkan antara kristal satu dengan kristal yang lain kemungkinan dapat disebabkan oleh kesalahan pada saat pemotongan kristal.

Tabel 2. Hasil pengukuran ω can pada masing-masing kristal

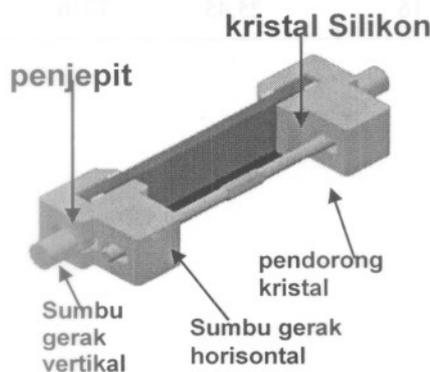
No Kristal	Regangan awal (μ strain)	Regangan akhir (μ strain)	Regangan kristal (μ strain)	2θ ($^{\circ}$)	Intensitas (counts)
Kristal 1	-418	-379	39	26,65	29734
Kristal 2	167	190	23	26,45	300
Kristal 3	-546	-520	26	26,8	10478
Kristal 4	-460	-439	21	26,25	45206
Kristal 5	389	405	16	25,45	7046

ω scan untuk mengetahui posisi ω maksimum masing-masing kristal. Pada kondisi ideal posisi ω untuk lima kristal Silikon mempunyai nilai yang sama. Apabila ada perbedaan nilai ω maka perlu dilakukan pengaturan sudut focusing arah horisontal sampai nilai ω kelima kristal sama.

Pengujian neutronik kedua adalah dengan merekam berkas neutron terdifraksi dengan film polaroid. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui arah focusing secara vertikal. Film polaroid diletakkan pada jarak yang sama dengan jarak dari monokromator sampai pusat meja sampel HRPD (2800 mm). Kelima berkas neutron tersebut diarahkan ke film. Hasil tangkapan film polaroid harus berupa satu berkas neutron terpusat. Apabila hasil tangkapan film belum berupa satu berkas, maka perlu dilakukan pengaturan kembali sudut focusing arah vertikal pada masing-masing kristal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam rancang bangun bent monochromator, penekukan kristal dilakukan secara mekanis. Pada gambar 2 diperlihatkan prinsip kerja rancangan bent monochromator. Ujung-ujung kristal dijepit dengan penjepit kristal yang terbuat dari bahan aluminium. Dalam focusing arah horisontal, focusing dilakukan dengan cara tekanan pada kedua ujung kristal. Untuk mengatur tegangan kristal, penjepit kristal didorong oleh sebuah pendorong kristal. Pendorong ini berupa sebuah as ulir kiri-kanan. Apabila diputar ke kanan, maka pendorong kristal akan mendorong penjepit sehingga akan menambah tegangan permukaan kristal. Permukaan kristal Silikon dihubungkan dengan *Strain Gauge* untuk mengukur tegangan permukaan kristal. Demikian juga sebaliknya, apabila pendorong diputar ke kiri, maka penjepit akan mengendor dan tegangan permukaan kristal akan berkurang.



Gambar 5. Simulasi bentuk rancangan bent Monokromator untuk satu kristal

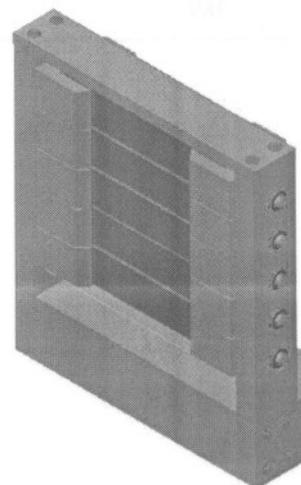
Pada gambar 5 diperlihatkan gambar perpektif penjepit monokromator, sumbu gerak vertikal dan sumbu gerak horisontal.

Focusing monokromator pada arah vertikal dilakukan dengan cara mengatur sumbu gerak vertikal. Rancangan bent monochromator menggunakan lima buah kristal Silikon. Apabila penomoran kristal diurutkan dari bawah ke atas, focusing monokromator dilakukan pada kristal nomor 1, 2, 4 da 5. Posisi pusat hamburan berkas neutron kristal nomor 3 sudah satu pusat dengan sampel, sehingga tidak perlu dilakukan pengaturan focusing.

Kelima bent monochromator disusun secara vertikal di dalam satu rumah monokromator. Di dalam rumah monokromator dilengkapi dengan fasilitas untuk mengatur kerataan masing-masing kristal agar kelima kristal mempunyai satu bidang permukaan yang sama.

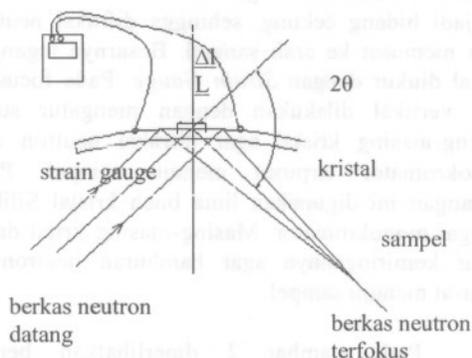
Focusing monokromator baik arah vertikal maupun horisontal dilakukan secara mekanis. Hal tersebut menjadi tidak memungkinkan untuk mengatur tegangan permukaan dan kemiringan masing-masing kristal dilakukan diperalatan HRPD, karena meja monokromator terletak didalam *shielding neutron guite tube*. Sebelum digunakan di HPD, tegangan permukaan dan kemiringan kristal monokromator diatur di peralatan Triple Axis Spektrometer (TAS) yang berada di Balai Percobaan gedung Reaktor G.A Sywabessy. Pengaturan dilakukan dengan mengkondisikan jarak monokromator dengan detektor sama dengan jarak monokromator dan sampel di HRPD.

Pada gambar 6 diperlihatkan gambar simulasi lengkap bagian depan bent monochromator lima kristal Silikon Dan Gambar 7 memperlihatkan gambar simulasi lengkap bagian belakang bent monochromator.



Gambar 6. Gambar simulasi perpektif

difraksi hamburan neutron akan mengalami pemusatan secara simetris.

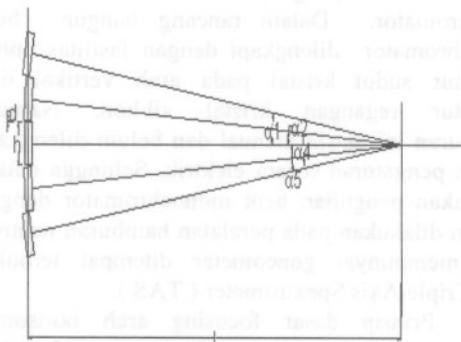


Gambar 3. Ilustrasi pemusatan arah horisontal pada bent monochromator.

Pada gambar 3 ditunjukkan ilustrasi pemusatan difraksi berkas neutron oleh kristal Silikon. Berkas neutron datang diarahkan ke pusat kristal. Pada kondisi awal sebelum dilakukan focusing, yaitu dengan memutar as ulir pada penekuk kristal, berkas neutron terdifraksi akan mempunyai lebar berkas yang sama dengan berkas datang. Setelah dilakukan focusing, neutron terdifraksi akan memusat, besar sudut focusing tergantung dari besar tekanan yang dilakukan pada kedua ujung kristal.

Pada gambar 4 diperlihatkan sudut focusing vertikal masing-masing kristal. Apabila l adalah jarak monokromator dengan sampel; h adalah tinggi kristal; d jarak kristal dan α adalah sudut focusing, maka sudut focusing masing-masing kristal dapat dihitung dengan persamaan yang disarikan pada tabel 1.

Dalam rancangan ini bahan-bahan yang digunakan adalah alumunium seri 5 yang mudah didapat dipasaran bebas. Kemudian bahan untuk pembuat sumbu-sumbu gerak vertikal dan



Gambar 4. Sudut pemusatan arah vertikal

Tabel 1. Rumus perhitungan sudut masing-masing kristal.

No	Sudut focusing	Persamaan
1	Kristal 1	$\alpha_1 = \arctg \frac{2(d+h)}{l}$
2	Kristal 2	$\alpha_2 = \arctg \frac{d+h}{l}$
3	Kristal 3	$\alpha_3 = 0$
4	Kristal 4	$\alpha_4 = -\arctg \frac{d+h}{l}$
5	Kristal 5	$\alpha_5 = -\arctg \frac{2(d+h)}{l}$

horisontal, as ulir untuk mendorong penekuk dibuat dari bahan as kuningan.

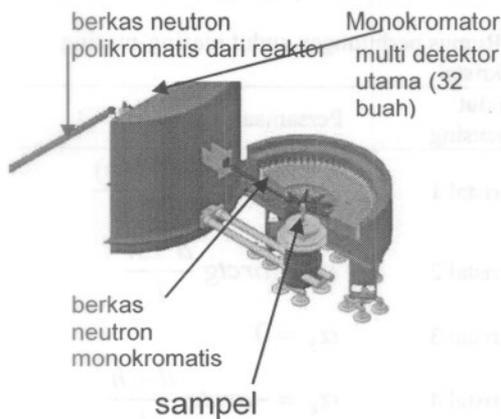
Pengujian secara optik

Pengujian yang dilakukan pada bent monochromator meliputi pengujian secara optik dan pengujian secara neutron. Dalam pengujian secara optik kristal monokromator diganti dengan lima buah cermin yang mempunyai dimensi yang sama dengan dimensi kristal. Pengujian pertama yaitu pengujian kerataan dudukan penekuk kristal. Pengujian ini dilakukan dengan meletakkan satu benda lurus didepan bent monochromator. Bayangan yang dihasilkan oleh kelima cermin harus berupa bayangan yang sama dan lurus. Bayangan masing-masing cermin harus menyambung menjadi benda yang sama dengan bendanya, apabila sambungan antar cermin patah atau menyimpang, maka perlu dilakukan pengaturan pada as sumbu gerak horisontal sampai bayangan kelima cermin lurus.

Pengujian optik kedua adalah untuk mengetahui fungsi pengatur sudut focusing arah vertikal. Berkas sinar datang menggunakan cahaya matahari yang diarahkan ke cermin, kemudian pantulan cahaya matahari diarahkan ke sebuah dinding. Pantulan cahaya matahari membentuk lima buah berkas cahaya. Dengan mengatur sudut focusing arah vertikal, kelima berkas cahaya tersebut dibuat saling menumpuk menjadi satu berkas. Apabila hal ini dapat dilakukan, maka pengatur sudut focusing arah vertikal dapat berfungsi dengan baik.

Pengujian secara neutronik

Pengujian secara neutronik dilakukan setelah pengujian secara optik berjalan dengan baik. Pengujian ini dilakukan diperalatan *Triple Axis Spektrometer* (TAS), karena pada peralatan TAS. Monokromator yang digunakan adalah kristal Silikon (Si-331) yang ditempatkan pada goneometer sampel. Kemudian setelah itu dilakukan



Gambar 1. Prinsip kerja HRPD

Dalam pengukuran HRPD, untuk mendapatkan satu data pengukuran yang dapat dianalisis dengan benar diperlukan waktu pengukuran cukup lama yaitu 30 jam. Dalam satu siklus pendek operasi reaktor selama 88 jam, hanya dapat dilakukan 2 kali pengukuran. Hal tersebut yang menyebabkan penanggung jawab peralatan merasa kesulitan dalam mengalokasikan waktu pengukuran. Karena semakin banyaknya daftar sampel yang akan diukur dengan peralatan HRPD. Salah satu cara untuk mempercepat periode pengukuran adalah dengan meningkatkan intensitas neutron terhambur dari monokromator. Dalam kegiatan ini peningkatan fluks neutron pada sampel dilakukan dengan cara focusing hamburan neutron dari monokromator ke sampel.

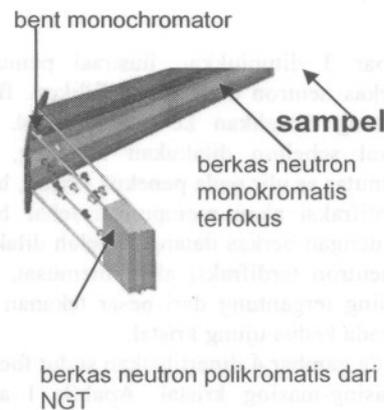
Neutron dari reaktor dialirkan ke monokromator melalui tabung pemandu neutron (NGT). Dimensi penampang NGT adalah 30 x 90 mm, sedangkan sampel yang akan diukur ditempatkan dalam wadah tabung vanadium dengan ukuran 10 x 50 mm. Berdasarkan hal ini, berkas neutron dari NGT tidak dapat secara optimal dihamburkan oleh monokromator ke arah sampel. Fluks neutron banyak tertahan karena *beam narrower* diatur sebesar ukuran sampel. Agar fluks neutron ke arah sampel optimal, neutron dari NGT dipusatkan oleh monokromator menuju sampel baik pada arah vertikal maupun horisontal. Berdasarkan uraian tersebut, perlu dilakukan rancang bangun bent monochromator. Kegiatan ini merupakan kegiatan USPEN 2011 dengan tolok ukur Pemberdayaan Peralatan Hamburan Neutron.

2. DASAR TEORI DAN METODOLOGI

Metode yang dilakukan pada kegiatan ini adalah memusatkan hamburan neutron monokromatis dari NGT ke arah sampel, sehingga

dimensi rancangan bent monochromator harus lebih besar dari dimensi penampang berkas neutron dari NGT. Agar optimal, focusing dilakukan dengan arah vertikal maupun horisontal. Pada focusing arah horisontal dilakukan dengan menekuk kristal Silikon menjadi bidang cekung, sehingga difraksi neutron akan memusat ke arah sampel. Besarnya tegangan kristal diukur dengan *Strain Gauge*. Pada focusing arah vertikal dilakukan dengan mengatur sudut masing-masing kristal agar difraksi neutron dari monokromator terpusat menuju sampel. Pada rancangan ini digunakan lima buah kristal Silikon sebagai monokromator. Masing-masing kristal dapat diatur kemiringannya agar hamburan neutronnya terpusat menuju sampel.

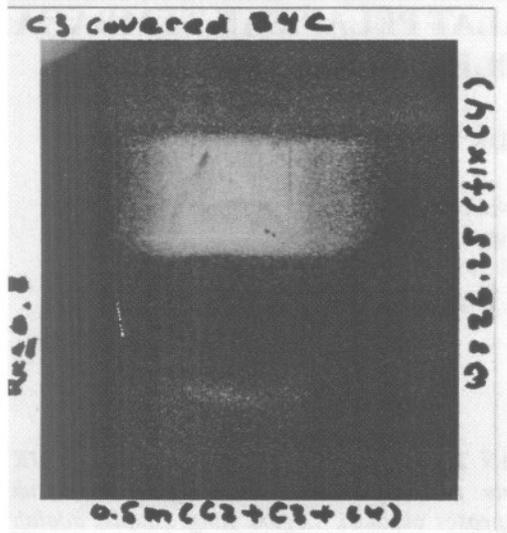
Pada gambar 2 diperlihatkan berkas neutron polikromatis dari NGT diubah menjadi



Gambar 2. Ilustrasi aliran berkas neutron terfokus

neutron monokromatis oleh monokromator. Oleh bidang-bidang kristal yang sudah di bending, berkas tersebut diarahkan memusat ke arah sampel. Berkas neutron yang diterima oleh sampel adalah sebesar berkas neutron yang dihamburkan oleh bidang monokromator. Dalam rancang bangun bent monochromator dilengkapi dengan fasilitas untuk mengatur sudut kristal pada arah vertikal dan mengatur regangan kristal silikon. Namun pengaturan ini masih manual dan belum dilengkapi dengan pengaturan secara elektrik. Sehingga dalam melakukan pengujian bent monochromator dengan neutron dilakukan pada peralatan hamburan neutron yang mempunyai goniometer ditempat terbuka, yaitu Triple Axis Spektrometer (TAS).

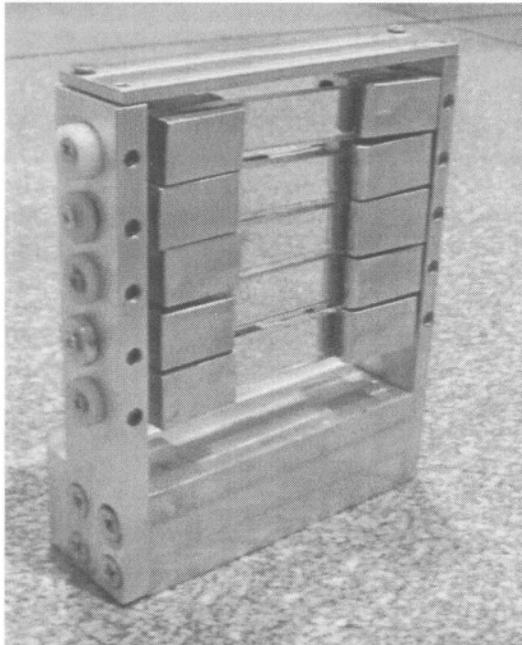
Prinsip dasar focusing arah horisontal adalah dengan memberikan tekanan pada dua titik dipermukaan kristal Silikon secara simetris. Adanya tekanan tersebut atom-atom kristal akan mengalami deformasi simetris. Dengan adanya deformasi ini,



Gambar 8. Hasil tangkapan berkas neutron terdifraksi dari bent monochromator

Pada gambar 8 diperlihatkan contoh gambar tangkapan berkas neutron yang dihasilkan oleh kristal silikon, warna putih pada adalah berkas neutron yang ditangkap oleh film Polaroid.

Hasil rancang bangun bent monochromator diperlihatkan pada gambar 9.



Gambar 9. Bent monochromator hasil rancang bangun,

4. KESIMPULAN

Hasil rancang bangun bent monochromator dapat menghasilkan berkas neutron terfokus pada sampel. Hasil rancang bangun bent monochromator dapat dilanjutkan

untuk melakukan pengujian di peralatan HRPD. Namun sebelum dilakukan pengujian pada peralatan HRPD, bent monochromator hasil rancang bangun perlu disempurnakan kembali. Terutama pelebaran pada jangkauan pengatur sudut focusing arah horizontal untuk menyamakan sudut 2θ dan meningkatkan intensitas pada masing masing kristal

5. DAFTAR PUSTAKA

1. R.S Khurmi, JK Goyal, A Text Book of Machine Design, Third Edition, New Delhi, 1992.
2. R.S Khurmi, JK Goyal, A Text Book of Applied Machine , New Delhi, 1992.
3. Manual Operasi HRPD, Sumitomo Corporation, Tokyo, Japan, 1992
4. Sears Zemansky, Fisika untuk Universitas 3 Optika , Fisika Modern, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta